

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**І. В. Сталінська**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

**з дисципліни**

# **«МЕТОДОЛОГІЯ ТА ТЕОРІЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ»**

*(для студентів 5 курсу денної та заочної форм навчання  
освітньо-кваліфікаційного рівня магістр, спеціальності  
183 – Технології захисту навколишнього середовища)*

**Харків – ХНУМГ ім. О. М. Бекетова – 2017**

**Сталінська І. В.** Конспект лекцій з дисципліни «Методологія та теорія екологічної безпеки» (для студентів 5 курсу денної та заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня магістр, спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища) / І. В. Сталінська ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 92 с.

Автор канд. техн. наук І. В. Сталінська

Рецензент канд. техн. наук, доц. М. В. Катков

*Рекомендовано кафедрою міських та регіональних екосистем,  
протокол № 6 від 25.12.2015 р.*

© І. В. Сталінська, 2017

© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017

# ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	4
<b>ТЕМА 1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ</b>	5
1.1 Понятійно-категоріальний апарат екологічної безпеки	5
1.2 Основні критерії екологічної безпеки	8
1.3 Інтереси у сфері екологічної безпеки України	9
1.4 Методи забезпечення екологічної безпеки	10
<b>ТЕМА 2 ВИНИКНЕННЯ ТА РОЗВИТОК СИСТЕМНИХ УЯВЛЕНЬ</b>	10
2.1 Місце та роль системних уявлень у практичній діяльності	10
2.2 Історія виникнення системних досліджень	11
2.3 Розвиток системних уявлень на сучасному етапі	12
2.4 Роль та місце системної методології у пізнанні природи та суспільства	13
2.5 Методологія екологічної безпеки	15
<b>ТЕМА 3 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ</b>	16
3.1 Основні поняття системного аналізу	16
3.2 Класифікація систем	18
3.3 Властивості систем	19
3.4 Система екологічної безпеки	20
<b>ТЕМА 4 ЕТАПИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ</b>	22
4.1 Основні етапи системного аналізу	22
4.2 Метод побудови дерева цілей	23
4.3 Евристичні методи генерування альтернатив	25
<b>ТЕМА 5 АНАЛІЗ І СИНТЕЗ У СИСТЕМНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ</b>	27
5.1 Поняття елемента, функції, структури	27
5.2 Поняття аналізу та синтезу систем	29
5.3 Види аналізу та синтезу систем	30
<b>ТЕМА 6 ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ</b>	31
6.1 Складові функціонування системи	31
6.2 Поняття простору, стану і поведінки системи	33
6.3 Системоутворюючі фактори	34
6.4 Механізм розвитку систем	35
<b>ТЕМА 7 СИСТЕМА ТА МОДЕЛЬ</b>	40
7.1 Наукове пізнання та моделювання	40
7.2 Функції моделей систем	40
7.3 Класифікація моделей систем	41
<b>ТЕМА 8 СИСТЕМНО-МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ МОДЕЛЮВАННЯ</b>	44
8.1 Абстрагування при описуванні систем	44
8.2 Рівні дослідження систем	45
8.3 Принципи та основні етапи побудови математичних моделей систем	47
<b>ТЕМА 9 МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНКИ РИЗИКУ</b>	49
9.1 Визначення поняття ризику	49
9.2 Ідентифікація факторів ризику	50
9.3 Оцінка ризику	50
9.4 Управління ризиком	51
<b>ТЕМА 10 ПРИНЦИПИ ОЦІНОК ВПЛИВУ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ. НАЦІОНАЛЬНА ПРОЦЕДУРА ОВДС</b>	52
10.1 Принципи оцінок впливу господарської діяльності на навколишнє середовище	52
10.2 Методи прогнозування	55
10.3 Екологічний прогноз та прогнозування	59
10.4 Приклади методів експертних оцінок	62
<b>ТЕМА 11 МАТЕМАТИЧНІ ВІДНОШЕННЯ У СИСТЕМІ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ: ОЦІНКА «ВАЖЛИВОСТІ» ЕЛЕМЕНТІВ</b>	67
11.1 Математичний аналіз структури та взаємозв'язків елементів системи екологічної безпеки	67
11.2 Модель системи екологічної безпеки України: кількісні оцінки пріоритетів	69
<b>ТЕМА 12 УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ НА РЕГІОНАЛЬНОМУ РІВНІ</b>	73
12.1 Основні положення стратегії управління	73
12.2 Закономірності управління екологічною безпекою на регіональному рівні	74
12.3 Особливості управління техногенною складовою екологічної безпеки	77
12.4 Функціональна схема процесу управління екологічною безпекою	78
12.5 Основні принципи побудови регіональної системи управління екологічною безпекою	83
<b>ГЛОСАРІЙ</b>	85
<b>СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	90

## ВСТУП

Курс «Методологія та теорія екологічної безпеки» входить у програму базової підготовки магістрів спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища бакалаврів з метою формування необхідного для магістрів обсягу знань про екологічну безпеку на території України.

Загальний стан екологічної безпеки у світі і, зокрема, в Україні є досить складним. Існує широке різноманіття чинників (як природного, так і антропогенного походження), які спричиняють у подальшому ускладнення її стану у просторово-часовому аспекті. Це негативно впливає на довкілля та призводить до погіршення умов життєдіяльності живих організмів і, в першу чергу, людей. Тому екологічна безпека в рамках держави розглядається як одна з основних складових національної безпеки. Наведені обставини обумовлюють нагальну потребу комплексного розв'язання проблем, пов'язаних з екологічною безпекою.

Відповідно до законів кібернетики складність системи, яка управляє значною сукупністю структурних елементів, зростає експоненційно зі збільшенням кількості параметрів, що підлягають управлінню. Саме такою є система управління екологічною безпекою. У реальних ситуаціях виникають нові види небезпек, що призводить до зміни структури системи. Одним з пріоритетів у питаннях захисту людини від різних загроз його існуванню є екологічна безпека.

Екологічна безпека на території України забезпечується здійсненням широкого комплексу взаємопов'язаних політичних, економічних, технічних, організаційних, державно-правових та інших заходів. За своїм змістом державно-правові заходи не однорідні. Їх можна розподілити на кілька видів залежно від спрямованості дій: організаційно-превентивні, регулятивно-стимулюючі, розпорядчо-виконавчі, охоронно-відновлювальні та забезпечувальні. Вони утворюють своєрідний правовий механізм, який слід розуміти як систему державно-правових засобів, спрямованих на регулювання діяльності, спроможної посилювати рівень екологічної безпеки, попередження погіршення екологічної обстановки та виникнення небезпеки для населення і природних систем, локалізацію проявів екологічної небезпеки.

Вивчення курсу «Методологія та теорія екологічної безпеки» дасть змогу отримати глибокі знання з теоретичних аспектів управління екологічною безпекою, набутти практичних навиків, які можуть бути застосовані в практичній роботі в органах екологічного контролю та управління, в екологічних службах підприємств та організацій, при проведенні наукових досліджень.

Зміст курсу «Методологія та теорія екологічної безпеки» визначається основоположним тезисом – ефективно управляти екологічною безпекою можна тільки на основі всебічного науково-обґрунтованого дослідження системи «природа – техніка – людина», як сукупності об'єктів та явищ, різноманітних за своїм походженням та характером розвитку, у певному взаємозв'язку та взаємозалежності.

# ТЕМА 1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

## 1.1 Понятійно-категоріальний апарат екологічної безпеки

### *Екологічна безпека*

Екологічну безпеку ми розглядаємо як компонент національної безпеки, що забезпечує захищеність життєво важливих інтересів людини, суспільства, довкілля та держави від реальних або потенційних загроз, що створюються антропогенними чи природними чинниками стосовно навколишнього природного середовища (НПС). Гарантується законодавчими актами держави.

Екологічна безпека – це:

- сукупність дій, станів і процесів, що прямо чи побічно не призводять до серйозних збитків (або загроз таких збитків), що завдаються НПС, окремим людям і людству загалом;

- комплекс станів, явищ та дій, що забезпечують екологічний баланс на Землі і у будь-яких її регіонах на рівні, до якого фізично, соціально-економічно, технологічно та політично готове (може без серйозних збитків адаптуватися) людство.

Екологічна безпека може бути розглянута в глобальних, регіональних, локальних і умовно точкових межах. Фактично вона характеризує геосистеми (екосистеми) різного ієрархічного рангу – від біогеоценозів (агро-, урбоценозів) до біосфери загалом. Екологічна безпека обмежена часом й розмірами акцій, що проводяться в її межах: короточасна дія може бути відносно безпечною, а довготривала – небезпечною, локальні зміни майже нешкідливі, а широкомасштабні – фатальними.

*Екологічна безпека* – це сукупність певних властивостей НПС і створюваних цілеспрямованою діяльністю людини умов, за яких з урахуванням економічних, соціальних чинників і науково обґрунтованих допустимих навантажень на об'єкти біосфери утримуються на мінімально можливому рівні ризику антропогенний вплив на НПС і негативні зміни, що відбуваються в ньому, забезпечується збереження здоров'я життєдіяльності людей і виключаються віддалені наслідки цього впливу для теперішнього і наступних поколінь. Першочерговими постають питання збереження генофонду людства, виживання, забезпечення права на життя і сприятливе НПС.

*Об'єктами екологічної безпеки є* все, що має життєво важливе значення для суб'єктів безпеки: права, матеріальні та духовні потреби особистості, природні ресурси та довкілля як матеріальної основи державного та суспільного розвитку.

*Суб'єктами екологічної безпеки є* індивідуум, суспільство, біосфера, держава. Розглянемо далі визначення, пов'язані з поняттям «екологічна безпека».

Під **екологічним нормативом** розуміють:

- 1) обов'язкові границі збереження структури і функції екосистеми деякого ієрархічного рівня – від елементарного біогеоценозу до біосфери загалом, а також усіх екологічних компонентів, що враховуються під час господарської діяльності;

2) ступінь максимально припустимого втручання людини в екосистеми, що гарантує збереження екосистем бажаної структури та динамічних якостей. Указані границі визначаються як бажаними для людини станами екосистем (фазами їхньої сукцесії чи дегресії), їхньою соціально-біологічною витривалістю, так і господарськими міркуваннями.

3) ступінь максимально допустимого втручання людини в екосистеми, яка забезпечує збереження екосистем бажаної структури і динамічних якостей.

4) величина антропогенного навантаження, розрахована на підставі екологічних регламентів та отримала правовий статус; має тимчасовий характер, обумовлений рівнем розвитку науки, технології та економіки.

**Екологічне нормування** – процес визначення границь допустимих антропогенних навантажень на екосистеми; правове регулювання суб'єкт-об'єктних відносин, що характеризуються активністю дій. Нормування антропогенно-техногенних навантажень на екосистеми здійснюється з метою збереження їхнього відносно стійкого стану – не відбувається руйнування механізму їхніх еко- та ресурсо відтворювальних властивостей.

**Загроза** – це природне чи техногенне явище з прогнозованими, але неконтрольованими небажаними подіями, що можуть у певний момент часу, в межах даної території, завдати шкоду здоров'ю людей, спричинити матеріальні збитки, руйнувати довкілля.

Таким чином, термін «загроза» відображає можливість виникнення деяких умов технічного, природного, економічного або соціального характеру, при наявності яких можуть наступити несприятливі події та процеси (наприклад, техногенні катастрофи на промислових підприємствах або стихійні лиха, економічні або соціальні кризи тощо).

Загрози життєво важливим інтересам держави, суспільства, народу, що призводять до порушення нормальних умов життя і діяльності населення, можуть мати *зловмисний* і *незловмисний* характер і поділяються на *зовнішні* та *внутрішні*. Вони виникають за надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру, а також під час воєнних конфліктів.

**Зовнішні загрози** безпосередньо пов'язані з транскордонною міграцією забруднюючих речовин, поширенням особливо небезпечних хімічних сполук та інфекційних хвороб; з глобальними природно-техногенними катастрофами транскордонного характеру на території іноземних держав, а також при розв'язанні війни, збройних конфліктах, пов'язаних з міжнародним техногенним тероризмом. Зовнішні загрози постають з протиріч між національними інтересами держав, при спробах розв'язати їх через диктат воєнної сили, дискримінації стосунків і отримання односторонніх вигод.

**Внутрішні загрози** – викликані надзвичайними ситуаціями техногенного і природного характеру, а також терористичними діями, диверсіями, хуліганськими вчинками та халатністю.

**Джерело загроз** – будь-яка діяльність або стан довкілля, що здатні призвести до реалізації загрози і появи в НПС уражаючих факторів.

**Критичне (порогове) екологічне навантаження** – мінімальна концентрація антропогенного фактора в НПС, що спричиняє статистично

достовірні зміни в показниках структурно-функціональної організації популяції і/або біоценозу, що перевищують межі адаптивних можливостей біосистеми, що історично сформувалися в конкретних умовах НПС і змінювалися з часом.

**Ризик** – величина векторна і є кількісною мірою загрози, що включає такі кількісні показники як: величину збитку від небезпечного чинника; імовірність появи (частоту появи) даного небезпечного чинника. Ризик визначається як добуток імовірності негативної події на величину (імовірність величини) можливого збитку від неї.

У термінах теорії ризику прийнято проводити аналіз подій, імовірність яких дорівнює 1 (наприклад, забруднення навколишнього середовища). У такому разі термін «ризик» еквівалентний терміну «збиток», і відповідно величина ризику кількісно дорівнює величині збитку.

**Екологічний ризик** має кілька визначень.

1. Імовірність порушення стійкості системи НПС через господарську чи іншу діяльність людини, тобто перевищення еколого-економічного потенціалу.

2. Імовірність збільшення смертності або кількості захворювань людей при підвищенні концентрації певного забруднювача чи суми забруднювачів в НПС або порушенні яких-небудь характеристик цього середовища (наприклад, збільшення дози ультрафіолетового випромінювання).

3. Ризик, обумовлений впливами і навантаженнями на середовище існування, екологічними порушеннями, новими та існуючими джерелами впливів на об'єкти, що охороняються.

4. Імовірність небажаних наслідків того чи іншого рішення у глобальній, регіональній або локальній експлуатації природних ресурсів і в процесі використання природних умов, функціонування споруд, технологічних ліній тощо, які споживають ці ресурси в межах і за межами нормативного терміну їхньої роботи.

**Ризик природних катастроф** – це імовірність небажаних наслідків будь-яких руйнівних природних і природно-антропогенних явищ у глобальному, регіональному та локальному масштабах.

**Індивідуальний ризик** – імовірність зазнати певного шкідливого впливу під час діяльності людини. Вплив може бути миттєвим, спричиненим аварією (вибухом, пожежею чи токсичним викидом), або постійним через наявність негативних чинників, наприклад, токсичних сполук (та інших чинників) у НПС.

**Соціальний ризик** визначається як співвідношення між кількістю людей, що зазнали впливу з боку джерела загрози (загинули, захворіли, травмовані тощо), і ймовірністю такої події (аварія, землетрус, повінь тощо). Використання цього критерію, дозволяє визначити кількість людей, які можуть бути уражені внаслідок реалізації небажаної події.

**Прийнятний ризик** – рівень індивідуального ризику, виправданий з економічної, соціальної й екологічної точки зору, а також є прийнятним для управлінського адміністративного органу. Поняття прийнятного ризику є основою методології, яка дозволяє встановити рівень небезпеки – який є надмірним, а який є прийнятним, а також встановити межі для кількісного виміру рівня безпеки.

Індивідуальний ризик характеризує розподіл ризику в просторі (по території можливого знаходження індивідуума), а соціальний ризик – масштаб катастрофічності небезпеки.

**Управління ризиком** – розробка та обґрунтування оптимальних програм діяльності, спрямованих на ефективну реалізацію рішень в області забезпечення безпеки. Головний елемент такої діяльності – процес оптимального розподілу обмежених ресурсів для зниження різних видів ризику з метою досягнення такого рівня безпеки населення і НПС, який тільки можна досягти з точки зору економічних і соціальних факторів.

**Збиток** – фактичні або можливі економічні і соціальні втрати (відхилення здоров'я людини від середньостатистичного значення, тобто його хвороба або навіть смерть; порушення процесу нормальної господарської діяльності; втрата того чи іншого виду власності і т.д.) і/або погіршення природного середовища внаслідок змін в оточуючому людину середовищі, що виникають в результаті якихось подій, явищ, дій.

## 1.2 Основні критерії екологічної безпеки

До групи основних критеріїв безпеки можна віднести:

- *індивідуальні* (медичні або санітарно-гігієнічні) – покликані обмежувати вплив негативних факторів на людину. За основу кількісного виміру впливу на індивідуум беруться показники індивідуального довічного або річного ризику;

- *генетичні* – покликані зберігати генофонд і обмежувати зростання частоти генетичних хвороб у першому і/або наступних поколіннях. Генетичні критерії безпеки є частиною індивідуальних, але з огляду на їхню особливу важливість виокремлюються в особливу групу;

- *соціальні* – покликані обмежувати дію небезпечного фактора на групи індивідуумів;

- *психологічні* – відображають ступінь сприйняття/несприйняття суспільством або групою індивідуумів рівня техногенного або природно-техногенного ризику;

- *економічні* – покликані забезпечувати сталий довготривалий економічний розвиток. Кількісним критерієм безпеки є величина економічного збитку при великих катастрофах (природних або техногенних), який призводить до дестабілізації економічної системи;

- *технічні* – покликані обмежувати виникнення аварій і катастроф (наприклад, жорстке обмеження верхнього рівня ймовірності важкої аварії або обмеження на гранично припустиму кількість шкідливих і екологічно небезпечних речовин, що використовуються в технологічному процесі);

- *біологічні* – покликані зберігати біорізноманіття видів (наприклад, у Нідерландах не допускається зменшення видового різноманіття понад 5 %). Іншим критерієм, який пропонується до використання, є обмеження на відносне зменшення кількості осіб, чутливих до фактору впливу;

- *екологічні* – покликані обмежувати негативний вплив екологічних процесів з метою збереження структурної стійкості екосистем. Одним зі



способів впровадження екологічного критерію безпеки є виявлення слабкої ланки даної екосистеми;

- *ландшафтні і географічні* – критерії, що обмежують негативний екологічний вплив на водозбірні басейни, ґрунти та інші географічні елементи; крім того, в просторі кліматичних параметрів виділяють заборонені та прийнятні області;

- *ресурсні* – покликані обмежувати і регулювати інтенсивність використання відновлюваних і невідновлюваних природних ресурсів;

- *політико-інформаційні* – передбачають інформованість та участь населення в процесі ухвалення рішень щодо потенційно небезпечних технологій, доступ до будь-якої інформації щодо цих технологій;

- *моральні й правові* покликані формувати нові моральні категорії і цінності, пов'язані з розумінням необхідності подальшого існування цивілізації.

Нині основну роль критеріїв безпеки виконують норми, правила та регламенти.

### **1.3 Інтереси у сфері екологічної безпеки України**

Система екологічної безпеки будується у вигляді багаторівневих (багатоступінчастих) структур, у яких функції управління розподілені між супідрядними рівнями. Можна виділити три рівні інтересів у сфері екологічної безпеки: людини, суспільства та держави.

#### ***Інтереси людини***

Право людини на повну екологічну безпеку у своїй державі має посісти в Україні чільне місце серед інших фундаментальних прав людини, що гарантуються Конституцією.

Послідовно здійснювана ефективна політика в її природному, економічному та соціальному аспектах забезпечує відносно екологічнобезпечний розвиток суспільства за рахунок дотримання рівноваги між запитами суспільства та можливостями природи.

#### ***Інтереси суспільства***

Екологічна безпека є таким типом розвитку суспільства (як суб'єкта екосистеми), який реалізується в умовах інтенсивно-коеволюційного розвитку, тобто в інтересах як суб'єкта екосистеми, так і об'єкта (середовища). Екологічної безпеки неможливо досягти в рамках традиційного промислового розвитку, оскільки він побудований на руйнуванні природного середовища. Екологічна безпека є іманентною характеристикою лише інтенсивно-коеволюційного способу розвитку і тим самим головним механізмом становлення ноосфери.

#### ***Інтереси держави***

Головними інтересами держави в сфері екологічної безпеки мають бути вироблення концептуальних основ загальної стратегії в галузі НПС і раціонального природокористування, а також дотримання їх на практиці для сталого економічного та соціального розвитку держави. При цьому передбачається формування нових типів технологічних процесів, соціальної організації та управління, здатності розв'язувати екологічні проблеми та

зменшувати будь-які екологічні небезпеки, що становлять значну загрозу національній безпеці України.

#### **1.4 Методи забезпечення екологічної безпеки**

Методи забезпечення екологічної безпеки (згідно Хоружай Т. А., 2002):

*1. Методи контролю якості навколишнього середовища:*

- методи вимірювань – строго кількісні, результат яких виражається конкретним числовим параметром (фізичні, хімічні, оптичні та інші);
- біологічні методи – якісні (результат виражається словесно, наприклад, в термінах «багато-мало», «часто-рідко» і ін.) або частково кількісні.

*2. Методи моделювання і прогнозу, в тому числі методи системного аналізу, системної динаміки, інформатики та ін.:*

- комбіновані методи, наприклад, еколого-токсикологічні методи, що включають різні групи методів (фізико-хімічних, біологічних, токсикологічних та ін.).

*3. Методи управління якістю навколишнього середовища:*

- екологічна сертифікація;
- екологічне страхування;
- екологічне аудитування;
- державна екологічна експертиза.

#### ***Питання для самоперевірки***

- 1. Що розуміють під терміном «екологічна безпека»?*
- 2. Назвіть об'єкти та суб'єкти екологічної безпеки.*
- 3. Що розуміють під терміном «екологічний норматив»?*
- 4. Що розуміють під терміном «загроза»? Назвіть види загроз.*
- 5. Охарактеризуйте поняття ризик. Назвіть види ризиків.*
- 6. Назвіть основні критерії екологічної безпеки.*
- 7. Охарактеризуйте рівні інтересів у сфері екологічної безпеки.*
- 8. Назвіть методи забезпечення екологічної безпеки.*

## **ТЕМА 2 ВИНИКНЕННЯ ТА РОЗВИТОК СИСТЕМНИХ УЯВЛЕНЬ**

### **2.1 Місце та роль системних уявлень у практичній діяльності**

Бурхливий розвиток науково-технічного прогресу у ХХ ст. та зростаюча складність досліджуваних процесів і явищ привели до виникнення таких понять, як складні та великі системи, дослідження та аналіз яких пов'язані зі специфічними труднощами. Необхідність розв'язання цих проблем спричинила появу багатьох прийомів, методів, підходів, які поступово накопичувались, розвивались, узагальнювались, формуючи певну методологію подолання кількісних та якісних труднощів у процесі дослідження складних об'єктів.

Однією з найважливіших об'єктивних причин виникнення системних наук є не тільки системність людини та її мислення, а й системність навколишнього середовища, природи і всього всесвіту (рис. 2.1).

У різних сферах практичної діяльності відповідні підходи та методи і їх теоретичні засади дістали різні назви: у технічних науках – системотехніка, методи проектування, методи інженерної творчості; у виробничому,

адміністративному, політичному управлінні – менеджмент, стратегічний менеджмент, стратегічне планування, системний та ситуаційний аналіз; у військовій справі та економічних дослідженнях – методи дослідження операцій; у наукових дослідженнях – методи математичного моделювання. Але всі ці теоретичні та прикладні дисципліни розглядають системність не тільки як теоретичну категорію, а й як певний аспект практичної діяльності. Оскільки великі та складні системи стали предметом аналізу, виникла необхідність узагальнення методів їх дослідження, що спричинило виникнення таких самостійних дисциплін, як системний аналіз та загальна теорія систем.

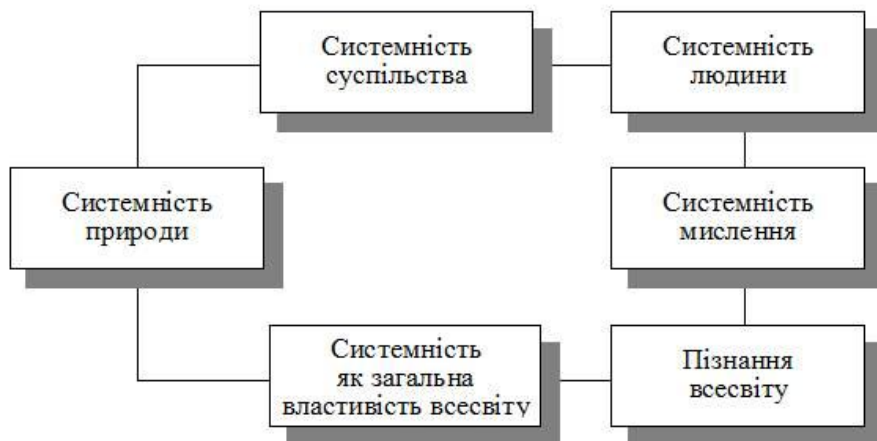


Рисунок 2.1 – Системність всесвіту

**Системний аналіз** – це методологія дослідження та проектування складних систем, пошуку, планування та реалізації заходів, спрямованих на вирішення проблемних ситуацій. Як загальна методологія дослідження складних об’єктів теорія систем та системний аналіз мають на меті об’єднати в єдиний комплекс різні методи дослідження систем різноманітної природи на будь-яких рівнях їх вивчення та стадіях існування.

Методологічна специфіка системного підходу визначається тим, що він орієнтований на розкриття цілісності об’єкта та механізмів, що її забезпечують; на виявлення численних типів зв’язків у складному об’єкті та зведення їх у єдину теоретичну картину; на подання складного об’єкта у вигляді ієрархічної системи взаємопов’язаних моделей, що дає змогу формалізувати властивості об’єкта в цілому, його структуру та динаміку.

## 2.2 Історія виникнення системних досліджень

Сучасний стан системних уявлень формувався під впливом досліджень багатьох наукових напрямів. З різних боків до сучасного розуміння системності наближалася філософська думка та практична наукова і технічна методологія. Водночас і деякою мірою незалежно методологія системного аналізу формувалася у кібернетиці, біології, психології, соціології, економічній науці.

Системний аналіз і теорія систем є ще досить молодими напрямками у наукових дослідженнях. Їх становлення продовжується й у наш час. Початок формування понятійного апарату системних досліджень відносять до 30-50-х років XX ст. та пов’язують з роботами відомого австрійського вченого-біолога Людвіга фон Берталанфі. Але цей процес має глибші історичні корені. Історію

виникнення та розвитку філософських і загальнонаукових системних уявлень можна відстежити від первинних та розрізнених форм, що зустрічалися у стародавніх мислителів, до фундаментальних системних досліджень ХХ ст.

Біологи та психологи вже давно дійшли висновку, що при дослідженні цілісного організму дуже рідко вдається спостерігати за зміною однієї визначеної змінної у чистому вигляді. Зміни одного з параметрів, як правило, спричиняють взаємопов'язані зміни багатьох інших, що, в свою чергу, впливають на перший. Для дослідження подібних процесів необхідно створити певну модель досліджуваної системи, яка б враховувала найсуттєвіші взаємозв'язки та імітувала на абстрактному рівні поведінку об'єкта.

Апарат системного аналізу дає можливість розкрити та зрозуміти закономірності функціонування технічних, біологічних, соціальних систем, логіку їхнього внутрішнього розвитку, і тому він широко застосовується в цих науках.

### **2.3 Розвиток системних уявлень на сучасному етапі**

Сьогодні загальна теорія систем є наукою, що вивчає поведінку систем з метою виявлення основних властивостей їх поведінки. Ця теорія призвана визначити та пояснити яким чином з окремих елементів утворюється складна єдність цілого, нова сутність. *Перехід від властивостей елементів до властивостей системи представляє найважливішу задачу теорії систем.*

Сучасна наука про складні системи розвивається у трьох напрямках:

- створення концептуальних і методологічних основ;
- формування і формалізація нових задач;
- розробка методів і апарату вирішення.

Наочним прикладом цього революційного процесу є бурхлива поява нових галузей знань, нових наукових дисциплін, які виникають на стиках старих.

Синтез різних наук виявився у вищому ступені плідним. Є підстави вважати, що дана тенденція стає найважливішою, бо найбільш великі відкриття нашого часу зроблені на стику різних наук, де народились нові наукові дисципліни і напрямки. Всі ці новотвори – результат спільної дії двох зовні протилежних процесів: диференціації та спеціалізації, розподілу і інтеграції. Тобто, при вирішенні певних проблем відбувається синтез наукових знань, здійснюється комплексний підхід та перенесенням методів і принципів дослідження з однієї області в іншу, відбувається взаємопроникнення методів.

Відомо, що науковий процес нерозривно пов'язаний з використанням математики. Знання в науці про системи можуть бути отримані як знання про класи систем або шляхом моделювання на комп'ютері.

Прикладами знань, отриманих моделюванням на ЕОМ є вплив кількості змінних і зв'язності системи на її стабільність, вплив взаємозв'язку між структурами і поведінкою системи і т. ін.

Без системного підходу не обходиться ні одна сфера високопрофесійної діяльності.

## 2.4 Роль та місце системної методології у пізнанні природи та суспільства

Суспільство, група людей, або ж окрема людина, прагнучи пізнати, вивчити НПС, завжди наражалися на об'єкти і явища, оволодіти знаннями про котрі відразу не вдавалось. Як виявлялося згодом, досвіду і інтуїції, які є традиційними засобами пізнавального арсеналу людства, недостатньо, щоб розкрити тайни природних і суспільних об'єктів і явищ. Особливо це стосується складних об'єктів і явищ, вивчення яких відноситься до певного класу науково-практичних проблем. Зрозуміло, що окрім досвіду та інтуїції, для вирішення цих проблем необхідні нетрадиційні засоби мислення, які б дозволили створити більш ефективні методи пізнання природи та суспільства. Безперечно, ці засоби повинні ґрунтуватися на наукових методах дослідження.

За науковим визначенням, сукупність наукових засобів вивчення того чи іншого об'єкту або явища складає *методологію* пізнання.

Тобто, **методологія** – це предметно орієнтована сукупність методів та засобів пізнання та світу.

Розглядаючи складні технічні об'єкти, системи, комплекси або певні проблеми, до них повинна застосовуватися і відповідна загальнонаукова методологія, яка була б зручною для вивчення об'єктів та явищ незалежно від їх походження і характеру. Саме такою методологією і є *системна методологія*.

**Системна методологія** передбачає дослідження світу як сукупності об'єктів та явищ, різноманітних за своїм походженням та характером розвитку, у певному взаємозв'язку та взаємозалежності. Це визначення, на інтуїтивному рівні було зрозуміло ще мислителям стародавнього світу. Але наукове визначення системної методології було сформульоване лише у другій половині ХХ століття, у зв'язку з появою й розвитком загальної теорії систем. Відповідно до неї, *цілісна множина об'єктів і явищ, знаходячись у певних стосунках між собою, розглядається як система*. Більш того, *зміни, що відбуваються в об'єктах і явищах, вивчаються у причинно-наслідкових зв'язках з певною сукупністю факторів та умов*. Але це стає можливим лише при умові, коли у процесі дослідження об'єктів та явищ, буде застосовуватися взаємопов'язана і взаємодоповнююча сукупність наукових методів.

Системна методологія допомагає комплексно сприймати оточуючий нас світ. Оволодівши системною методологією, будь-який фахівець має можливість мислити системно, тобто, вирішуючи ту чи іншу проблему, розглядати її як певну сукупність задач, результати вирішення яких залежить від певної множини факторів та умов. Таким чином, **системна методологія** – це вчення про структуру, логічну організацію, методи та засоби ефективного пізнання об'єктів та явищ та цілісності і взаємозалежності.

На жаль, реальність сучасного етапу науково-технічного і соціально-економічного стану України свідчить про те, що на всіх щаблях управління природокористуванням, економікою, виробництвом, транспортом і т. ін., починаючи від окремого підприємства і до загальнодержавного рівня, системна методологія поки що не знаходить належного практичного застосування.

Як відзначалось раніше, основу системної методології складає загальна теорія систем (ЗТС). Вона дала життя низці теоретичних і прикладних наук.

На рисунку 2.2 видно, що ЗТС сприяла формуванню та розвитку дев'яти сучасним науковим напрямкам. Серед них є такі, як теорія управління, кібернетика, структурно-функціональний аналіз та системний аналіз, які визначають прогресивний шлях формування сучасних фахівців з економіки та менеджменту. Особливо важливе методологічне спрямування має такий розділ системної методології, як **системний аналіз**.

**Системний аналіз (СА)** – це сукупність методологічних засобів, використовуваних для підготовки і обґрунтуванню рішень по складним проблемам політичного, воєнного, спеціального, екологічного, економічного, науково-технічного характеру.

СА відрізняється від інших методів дослідження тим, що він:

- враховує принципову складність об'єкта, що досліджується;
- бере до уваги розгалужені та стійкі взаємні зв'язки з його оточення;
- враховує неможливість спостереження ряду властивостей об'єкта та оточуючого середовища;
- ґрунтуючись на відомих властивостях складних систем, дозволяє виявити нові конкретні властивості та взаємні зв'язки конкретного об'єкта дослідження;
- на відміну від інших методів, у яких точно визначені об'єкти, включає як один з важливих етапів визначення об'єкта, його знаходження або конструювання;
- орієнтується не на розв'язання «правильно сформульованих» задач, а на створення правильної постановки задачі (правильно поставити задачу – це означає на 50 % її розв'язати), вибір відповідних методів для її розв'язання;



*Рисунок 2.2 – Схема наукових напрямків, пов'язаних з загальною теорією систем*

– основне в СА – знайти шлях, яким можна перетворити складну проблему в простішу, тобто в послідовність задач, для яких існують методи їх розв'язання;

– СА завжди конкретний – завжди має справу з конкретною проблемою, конкретним об'єктом дослідження.

СА не протиставляється іншим методам аналізу проблем та прийняття рішень. Новим в ньому є синтез взаємопов'язаного кола понять, методів та

приймів, які раніше використовувались розрізнено при розв'язанні окремих часткових проблем. Сила СА в тому, що він дозволяє розкласти складну проблему на компоненти упритул до постановки конкретних задач, для яких існують методи розв'язання, і з іншого боку, зберігає цілісність цієї проблеми.

## **2.5 Методологія екологічної безпеки**

**Методологія екологічної безпеки** – це спосіб дослідження системи «природа – техніка – людина», підхід до досліджуваної системи, планомірний шлях наукового пізнання і встановлення істини.

### **Структура методології.**

Методологію можна розглядати в двох зрізах: як теоретичну, і вона формується розділом філософського знання гносеологія, так і практичну, – орієнтовану на рішення практичних проблем і цілеспрямоване перетворення світу.

Теоретична прагне до моделі ідеального знання (в заданих описом умовах, наприклад, швидкість світла у вакуумі), практична ж – це програма (алгоритм), набір прийомів і способів того, як досягти бажаної практичної мети і не схибити проти істини, або те, що ми вважаємо істинним знанням. Якість (успішність, ефективність) методу перевіряється практикою, рішенням науково-практичних завдань – тобто пошуком принципів досягнення мети, що реалізуються в комплексі реальних справ і обставин.

### **У методології можна виділити наступну структуру:**

*Основи методології:* філософія, логіка, системологія, психологія, інформатика, системний аналіз, наукознавство, етика, естетика; характеристики діяльності: особливості, принципи, умови, норми діяльності.

*Логічна структура діяльності:* суб'єкт, об'єкт, предмет, форми, засоби, методи, результат діяльності, вирішення завдань.

*Тимчасова структура діяльності:* фази, стадії, етапи.

*Технологія виконання робіт і рішення задач:* кошти, методи, способи, прийоми.

Методологія також ділиться на змістовну і формальну. *Змістова методологія* включає вивчення законів, теорій, структури наукового знання, критеріїв науковості та системи використовуваних методів дослідження. *Формальна методологія* пов'язана з аналізом методів дослідження з точки зору логічної структури і формалізованих підходів до побудови теоретичного знання, його істинності і аргументованості.

### **Питання для самоперевірки**

1. Що розуміють під терміном «системна методологія»?
2. В яких аспектах системна методологія здійснює свої дослідження?
3. Розвитку яких наукових напрямків сприяла ЗТС?
4. Що розуміють під системним аналізом?
5. Чим відрізняється системний аналіз від інших методів дослідження?
6. У яких напрямках розвивається сучасна наука про складні системи?
7. Що таке методологія екологічної безпеки?
8. Охарактеризуйте структуру методології.



## ТЕМА 3 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

### 3.1 Основні поняття системного аналізу

У науковій літературі є багато визначень поняття «система», що відносяться як до загальних, так і до конкретних систем різних видів.

Зауважимо, що краще використовувати найширше з них:

- наявність об'єкта, який являє собою множину під об'єктів (або наявність множини об'єктів, які можуть розглядатися як один складний об'єкт);
- наявність суб'єкта дослідження, який називається спостерігачем;
- наявність завдання, яке визначає відношення спостерігача до об'єкта і є критерієм, за яким здійснюється відбір об'єктів та їх властивостей;
- наявність зв'язку між об'єктом, спостерігачем та завданням, що виражається у наявності певної мови описування.

Перші три умови утворюють єдність, що забезпечується наявністю мови, в якій проявляється їх взаємозв'язок. Це схематично показано на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 – Умова існування системи

Системи оточують нас всюди: кожний предмет, явище, процес – це системи. Наприклад, системами є живі організми, технічні пристрої тощо.

Розглянемо інші основні поняття, які використовуються при дослідженні систем.

**Підсистемою** називають сукупність елементів, які об'єднані єдиним процесом функціонування та при взаємодії реалізують певну операцію, що необхідна для досягнення поставленої перед системою в цілому мети.

**Надсистемою** називають ширшу систему, в яку входить досліджувана система як складова частина.

**Елементом системи** називають її частину, яка виконує специфічну функцію і є неподільною з погляду завдання, що розв'язується.

Між елементами довільної системи та між різними системами існують **зв'язки**, за допомогою яких вони взаємодіють між собою. Ці зв'язки можуть виражатися в обміні речовиною, енергією чи інформацією між взаємодіючими системами або елементами. Система може мати **зовнішні** та **внутрішні** зв'язки. Зв'язки можуть бути також як **прямими**, так і **зворотними**.

*Системи мають зовсім нові якості, які відсутні у її елементів. Ці якості виникають саме завдяки наявності зв'язків між елементами. Саме за допомогою зв'язків здійснюється перенесення властивостей кожного елемента системи до інших елементів.*

**Зворотні зв'язки** є складною системою причинної залежності та полягають у тому, що результат попередньої дії впливає на наступний перебіг процесу в системі: причина підпадає під вплив зворотного впливу наслідку. Якщо зворотний зв'язок підсилює результат впливу наслідку, то його



називають *позитивним*, а якщо послаблює – *негативним*. Негативні зворотні зв'язки сприяють збереженню стійкості системи. Тільки завдяки наявності зворотних зв'язків у системах можуть відбуватися процеси цілеспрямованої діяльності та регулювання.

*Зв'язки перетворюють систему з простого набору компонентів у єдине ціле і разом з компонентами визначають стан та структуру системи, безумовно при визначальному впливі функції.*

Важливими для описування систем є поняття структури та ієрархії. Під **структурою системи** розуміють її стійку впорядкованість та зв'язки між елементами і підсистемами. Структура відбиває найсуттєвіші зв'язки між елементами та підсистемами, які мало змінюються при змінах у системі та забезпечують існування системи і найважливіших її властивостей. Завдяки ієрархічності структура складних систем може бути подана через структуру їх частин – від підсистем до елементів.

Структуру системи можна зобразити графічно, у вигляді опису, матриць або іншими способами.

Під **ієрархією** системи розуміють розташування її підсистем або елементів за певним порядком від вищого до нижчого.

Головним системоутворювальним фактором є її **функція**. Існує кілька поглядів з приводу того, що являє собою функція системи. Так, під функцією системи можна розуміти перетворення її входів у виходи. З іншого погляду функція системи може полягати у збереженні її існування, підтримці її структури та впорядкованості. Іноді функцію системи ототожнюють із функціонуванням цієї ж системи, визначаючи її як спосіб, засіб або як дії для досягнення цілі системи.

Системи функціонують у певному зовнішньому середовищі. **Зовнішнє середовище** – це все те, що знаходиться зовні системи, включаючи необхідні умови для існування та розвитку системи. Зовнішнє середовище складається із ряду природних, суспільних, інформаційних, економічних, виробничих та інших факторів, що впливають на систему та самі певною мірою перебувають під впливом цієї системи.

Взаємодія між системою та зовнішнім середовищем здійснюється за допомогою входів та виходів. **Вхід системи** – це дія на неї зовнішнього середовища. **Вихід системи** – результат функціонування системи для досягнення певної мети або її реакція на вплив зовнішнього середовища. Загальна кількість взаємодій системи з зовнішнім середовищем дуже велика, тому на практиці обмежуються аналізом найсуттєвіших зв'язків, вибір яких визначається конкретними умовами управління тим чи іншим об'єктом.

Окрім функції система може мати ціль. **Ціль системи** – це бажаний стан її виходів. Системи, що мають ціль, називають цілеспрямованими. Отже, у загальному вигляді систему (з контуром зворотного зв'язку) можна зобразити графічно у такий спосіб (рис. 3.2):

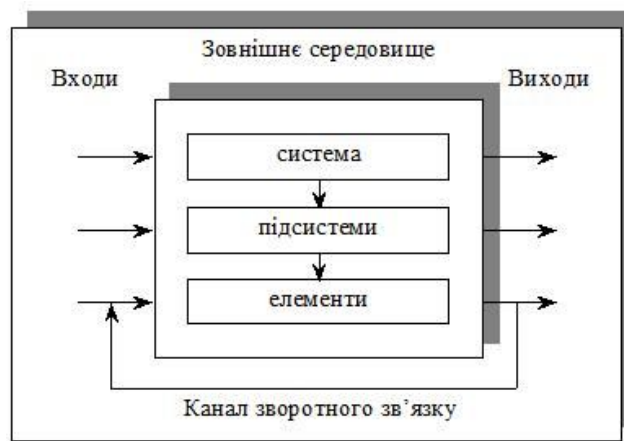


Рисунок 3.2 – Графічне зображення системи

**Стан** системи характеризується кількісними та якісними значеннями внутрішніх параметрів (змінних) системи в даний момент. Функціонування системи або зміну станів системи у часі називають *поведінкою* або *рухом*. Отже, поведінка системи – це розгорнута у часі послідовність реакцій системи на внутрішні зміни та зовнішній вплив.

**Рівновага** – це здатність системи зберігати свій стан як можна довше (як за відсутності, так і за наявності зовнішніх збурюючих впливів).

Під **стійкістю** розуміють здатність системи повертатися в стан рівноваги після виведення її з цього стану впливом зовнішніх збурень. Стан рівноваги, у який система здатна повертатися, називають стійким станом рівноваги.

Важливе значення в СА має поняття управління. Управління системою необхідне для забезпечення її цілеспрямованої поведінки при зміні умов зовнішнього середовища або умов її функціонування. *Управління* досягається за рахунок відповідної організації системи, під якою розуміють її структуру та спосіб функціонування. Системи з управлінням, називають **кібернетичними системами**.

Отже, об'єктивною основою формування системи є проблемна ситуація, тобто такий незадовільний стан елементів зовнішнього середовища, який середовище власними засобами (сукупністю систем зовнішнього середовища) на даному етапі не в змозі нормалізувати.

### 3.2 Класифікація систем

Залежно від мети дослідження та враховуючи велике різноманіття систем можна обрати різні принципи та підходи до їх класифікації. При цьому систему можна характеризувати однією чи кількома ознаками.

Так, за походженням, розрізняють *природні* системи, які існують в об'єктивній дійсності – біологічні, фізичні, хімічні тощо (атом, молекула, організм, популяція, суспільство – приклади таких систем) та *штучні* – системи, які створені людиною. Вони включають як різноманітні технічні системи (від простих механізмів до найскладніших виробничих комплексів та інформаційних систем), так і організаційні системи, що складаються з груп людей, діяльність яких свідомо координується для досягнення певної мети або виконання деяких функцій (наприклад, система управління підприємством, система державного управління).

За взаємодією із зовнішнім середовищем розрізняють замкнені та відкриті системи. **Замкнена система** характеризується високим рівнем незалежності від навколишнього середовища (наприклад, годинник). **Відкрита система** активно взаємодіє із зовнішнім середовищем, що полягає в обміні речовинами, енергією, інформацією. Безумовно, значна більшість систем, особливо економічних, є відкритими, наприклад країна, суспільство, людина тощо.

Розрізняють **статичні** та **динамічні** системи. У статичній системі фіксуються статичні взаємовідношення на певний момент. Статичні системи не змінюють своїх характеристик в часі. Опис структури статичної системи є початком систематизованого дослідження в довільній галузі науки. Системи статичної структури корисні для створення теоретичної бази з метою подальшого аналізу та синтезу систем. Якщо система переходить із часом від одного стану до іншого, то такі системи називають динамічними.

Системи поділяються також на **детерміновані** та **стохастичні**. У детермінованих системах перехід з одного стану в інший (тобто поведінка системи) є визначеним. На відміну від детермінованих систем рух (розвиток) стохастичних систем не є чітко визначеним та розглядається як випадковий процес.

Важливою класифікаційною ознакою систем є їх **складність**. Але й досі нема чіткого критерію визначення складності системи. Тому будемо розрізняти *прості*, *складні* та *дуже складні* системи. Ознакою простої системи може бути порівняно невеликий обсяг інформації, що необхідний для її описування та управління. Під дуже складними розуміють системи, стан яких неможливо достатньо вичерпно та точно описати. Приклади дуже складних систем: людина, економічна система країни тощо.

Розрізняють також **великі** системи – системи, моделювання яких ускладнено внаслідок їх розмірності, хоча часто в літературі поняття складної та великої системи ототожнюють. Окремо слід виділити **соціально-економічні** системи – комплексні структури, що складаються із економічних, виробничо-технічних та соціальних підсистем, які виконують різні цілі (наприклад, місто, організація).

### 3.3 Властивості систем

Аналіз різноманітних тлумачень терміна «система» свідчить, що можна виділити такі головні групи притаманних системам властивостей, що характеризують:

- сутність та складність систем;
- зв'язок систем із зовнішнім середовищем;
- цілеспрямованість систем;
- параметри розвитку та функціонування систем.

Зупинимося на найважливіших властивостях систем.

**Цілісність та подільність.** Система є, передусім, цілісною сукупністю елементів. Але не компоненти утворюють ціле (систему), а навпаки, при поділі цілого виявляють компоненти системи. *Первинність цілого – головний постулат теорії систем.*

**Неадитивність системи (емерджентність).** Властивості системи хоча і залежать від властивостей елементів, але не визначаються ними повністю. Функціонування системи не може бути зведено до функціонування окремих її

компонентів. Сукупне функціонування взаємозв'язаних елементів системи породжує якісно нові функціональні властивості системи. Звідси випливає важливий висновок: *система не зводиться до простої сукупності елементів*; розділяючи систему на частини, досліджуючи кожен з них окремо, неможливо пізнати всі властивості системи в цілому. Цю властивість ще називають системною, або *інтегративною*.

Емерджентність є результатом виникнення між елементами системи так званих *синергічних зв'язків*, які забезпечують загальний ефект функціонування системи, більший, ніж сума ефектів елементів системи, діючих незалежно.

**Синергетика** – науковий напрям, що вивчає зв'язки між елементами структури (підсистемами), які утворюються у відкритих системах (біологічних, фізико-хімічних, економічних та інших) завдяки інтенсивному (потоківому) обміну речовинами й енергією з навколишнім середовищем за нерівноважних умов.

У складних системах спостерігається погоджена поведінка підсистем, у результаті чого зростає рівень її *впорядкованості* (явище самоорганізації), тобто зменшується ентропія.

**Ієрархічність системи** – це складність структури системи, яка характеризується такими показниками: кількістю рівнів ієрархії управління системою, різноманіттям компонентів та зв'язків, складністю поведінки та неадитивністю властивостей, складністю опису та управління системою, кількістю параметрів та необхідним обсягом інформації для управління системою. Ієрархічність системи також полягає у тому, що систему можна розглядати як елемент системи вищого порядку (надсистеми), а її елементи – як системи.

**Взаємозалежність між системою та зовнішнім середовищем.** Система формує та проявляє свої властивості при взаємодії із зовнішнім середовищем. Вона розвивається під впливом зовнішнього середовища, але при цьому намагається зберегти якісну визначеність та властивості, що забезпечують відносну стійкість та адаптивність її функціонування.

**Рівень самотійності та відкритості системи** визначається такими показниками: кількістю зв'язків системи із зовнішнім середовищем у середньому на один її елемент чи інший параметр; інтенсивністю обміну інформацією чи ресурсами між системою та зовнішнім середовищем; ступенем впливу інших систем.

**Цілеспрямованість системи** означає наявність у неї цілі.

**Надійність системи** характеризується, зокрема: безперебійністю функціонування системи при виході із ладу одного із компонентів.

**Розмірність системи** – кількість компонентів системи та зв'язків між ними.

### 3.4 Система екологічної безпеки

*Система екологічної безпеки* – система заходів, які забезпечують із заданою вірогідністю допустимий негативний вплив природних і антропогенних чинників екологічної небезпеки на навколишнє середовище і саму людину.

На кожному рівні організації система екологічної безпеки функціонально складається з трьох стандартних модулів, що логічно доповнюють один одного і тільки в своїй єдності складають саму систему (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Модулі системи екологічної безпеки

Кожен із зазначених модулів виконує наступні функції:

**Комплексна екологічна оцінка території:**

- визначення та оцінка комплексу чинників екологічної небезпеки, що проявляються на даній території;
- районування території за стійкістю до прояву факторів екологічної небезпеки;
- складання та ведення кадастру об'єктів впливу на навколишнє середовище;
- ідентифікація та оцінка екологічних ризиків;
- складання та ведення кадастру природних ресурсів;
- складання та ведення кадастру «забруднених» територій;
- вибір індикаторів стійкого розвитку.

**Екологічний моніторинг:**

- нормування впливів на навколишнє середовище;
- контроль джерел впливу на навколишнє середовище;
- контроль якості компонентів навколишнього середовища;
- моніторинг екологічних ризиків;
- моніторинг індикаторів стійкого розвитку.

**Управлінські рішення:**

- формування екологічної політики;
- аналіз і коректування індикаторів стійкого розвитку;
- управління екологічними ризиками:
  - а) попередження прояви антропогенних чинників екологічної небезпеки;
  - б) мінімізація наслідків прояви природних факторів екологічної небезпеки;
- розробка і вдосконалення природоохоронного законодавства і методів формування екологічного світогляду.

**Питання для самоперевірки:**

1. У чому полягає сутність системного аналізу та системного підходу?
2. На які складові поділяється система?
3. Які приклади класифікації систем ви можете навести?
4. Які головні властивості систем?
5. Чим характеризуються кібернетичні системи?
6. Наведіть приклади різних видів систем (соціально-економічних, інформаційних, технічних, біологічних, фізичних тощо) та спробуйте описати їхні головні властивості.
7. Охарактеризуйте зв'язки системи.
8. Як системи поділяються за визначеністю?
9. З яких модулів складається система екологічної безпеки?

## ТЕМА 4 ЕТАПИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

### 4.1 Основні етапи системного аналізу

Загальним для всіх методик системного аналізу є формування варіантів подання системи (процесу розв'язання задачі) та вибір кращого варіанта. На кожній стадії дослідження, від інтуїтивної постановки проблеми до вибору оптимальних рішень за допомогою строгих математичних методів, використовуються різноманітні наукові методи і прийоми, що складаються із неоднакової кількості етапів аналізу, зміст яких залежить від складності розв'язуваних завдань.

У загальному вигляді системне дослідження проблеми складається з таких *етапів*:

- 1) формулювання проблеми;
- 2) виявлення цілей;
- 3) формулювання критеріїв;
- 4) визначення наявних ресурсів для досягнення цілей;
- 5) генерація альтернатив та сценаріїв.

Розглянемо детальніше принципову послідовність етапів системного аналізу (починаючи з моменту постановки проблеми) та методи дослідження, що найчастіше застосовуються на практиці (табл. 4.1).

Системне дослідження довільної проблеми починається з формулювання та опису проблемної ситуації. Попереднє формулювання проблеми є досить наближеним та може істотно відрізнятись від того, яким насправді має бути робочий варіант сформульованої проблеми. Формулювання проблеми здійснюється на вербальному рівні і, як правило, є досить розпливчастим.

До довільної проблеми необхідно відноситись не як до ізольованої, а як до комплексу взаємопов'язаних проблем. Тому після виявлення проблеми необхідно здійснити її розширення до проблематики, тобто виявити інші проблеми, які пов'язані з досліджуваною та без врахування яких вона не може бути розв'язана.

Для виявлення та структуризації важких для розуміння та нечітко сформульованих проблем, що характеризуються великою кількістю та складним характером взаємозв'язків, застосовується *дерево аналізу проблеми*. Дерево проблеми, як правило, включає такі основні компоненти:

- що необхідно дослідити та розробити? Із яких елементів складається система?
- що має вирішити поставлене завдання?
- як система функціонує і як вона взаємодіє з іншими системами?

Для розширення проблеми необхідно розглядати як над-, так і підсистеми відносно системи, для якої сформульовано вихідну проблему, з метою виявлення основних факторів, що впливають на досліджувані процеси або систему, та визначення відношень між ними. Ці перші етапи є найважливішими, оскільки правильне розв'язання довільної проблеми залежить передусім від того, наскільки правильно з'ясовано, у чому насправді вона полягає й у чому полягає її складність.

На наступному етапі потрібно визначити цілі, тому що як формалізовані, так і слабо структуровані проблеми необхідно звести до такого вигляду, коли вони стають завданнями відшукування відповідних засобів для досягнення заданих цілей.

Таблиця 4.1 – Принципова послідовність етапів системного аналізу

Назва етапу 1	Зміст виконуваних робіт 2
Аналіз проблеми	Чи існує проблема? Точне формулювання проблеми. Аналіз логічної структури проблеми. Розвиток проблеми (у минулому і в майбутньому). Зовнішні зв'язки проблеми (з іншими проблемами). Принципова можливість розв'язання проблеми
Визначення системи	Формулювання завдань, виходячи з проблеми. Визначення позиції спостерігача. Визначення об'єкта дослідження. Виділення елементів (визначення меж поділу системи). Визначення зовнішнього середовища.
Аналіз структури системи	Визначення рівнів ієрархії. Виділення підсистем. Визначення функціональних і структурних зв'язків.
Формулювання загальної мети і критерію системи	Визначення цілей – вимог надсистеми. Визначення обмежень середовища. Формулювання загальної мети. Визначення критеріїв. Декомпозиція критеріїв по підсистемах. Композиція загального критерію з критеріями підсистем.
Декомпозиція мети, виявлення потреби в ресурсах	Формулювання цілей вищого рангу. Формулювання цілей підсистем. Виявлення потреб у ресурсах
Виявлення ресурсів, композиція цілей	Оцінювання існуючої технології і виробничих потужностей. Оцінювання теперішнього стану ресурсів. Оцінювання можливостей взаємодії з іншими системами. Оцінювання соціальних факторів. Композиція цілей.
Прогноз і аналіз майбутніх умов	Аналіз стійких тенденцій розвитку системи. Прогноз розвитку і зміни середовища. Передбачення виникнення нових факторів, що можуть впливати на розвиток системи. Аналіз майбутніх можливостей та ресурсів.
Оцінювання цілей і засобів	Обчислення оцінок за критерієм. Оцінювання взаємозалежності цілей. Оцінювання відносної важливості цілей. Оцінювання дефіцитності і вартості ресурсів. Оцінювання впливу зовнішніх факторів. Обчислення комплексних розрахункових оцінок
Вибір варіантів	Аналіз цілей на сумісність. Перевірка цілей на повноту. Відсікання надлишкових цілей. Розроблення варіантів досягнення окремих цілей. Оцінювання і порівняння варіантів. Синтез комплексу взаємозалежних варіантів.
Реалізація варіантів	Моделювання економічного (технологічного) процесу. Проектування організаційної структури. Проектування інформаційних механізмів. Виявлення недоліків організації управління та виробництва. Виявлення та аналіз заходів щодо удосконалення організації

## 4.2 Метод побудови дерева цілей

Слід зауважити, що на практиці, як правило, існує кілька цілей і тому важливо, окрім визначення головної мети, не упустити деякі з суттєвих серед інших. Для цього застосовують метод побудови дерева цілей, що був запропонований ще 1957 року групою американських учених.

Під **деревом цілей** розуміють ієрархічну деревоподібну структуру, яка отримується поділом загальної цілі на підцілі, а їх, у свою чергу, – на детальніші складові – нові підцілі, функції тощо. Якщо всі ці елементи зобразити графічно, то одержимо «дерево цілей», повернуте «короною» донизу (рис. 4.1). При цьому головну ціль розміщують на найвищому рівні.

Перевагою цього методу є те, що він уможливорює поділ складного завдання, яке важко формалізувати, на сукупність простіших завдань, для розв’язання яких існують перевірені прийоми і методи. Послідовний поділ розв’язуваної проблеми на її частини – підпроблеми – є важливим етапом системного аналізу проблем. Поділ продовжують доти, доки не отримають прості, звичні, очевидні завдання, які можна розв’язати відомими методами.

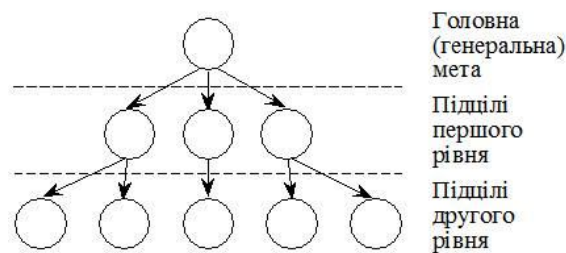


Рисунок 4.1 – Граф дерева цілей

Отже, в рамках цього етапу дослідників треба:

- чітко визначити цілі, досягнення яких сприяє вирішенню виявленої проблеми;
- виявити інформацію про параметри системи та зовнішнього середовища, які необхідно враховувати;
- визначити сукупність допущень та обмежень, в рамках яких буде розв’язуватись проблема.

*Слід пам’ятати, що вибір неправильних цілей призведе не стільки до розв’язання існуючої проблеми, скільки до виникнення нових проблем.*

На наступному етапі необхідно визначити **критерії** та **обмеження**. Під критеріями розуміють кількісні показники якісних цілей, які мають точніше їх характеризувати.

При формуванні критеріїв головним є не їх кількість, а те, наскільки повно вони характеризують ціль. Тому тут прагнуть досягти компромісу між повнотою описування цілей та кількістю критеріїв. Для повноти описування проблемної ситуації необхідно розглядати три взаємодіючі системи:

- систему, в якій існуюча ситуація розглядається як проблема;
- систему, в рамках якої можна вплинути на проблему для її вирішення;
- зовнішнє середовище, в якому існують та з яким взаємодіють ці дві системи.

Необхідно враховувати, що характер цілей цих трьох систем істотно відрізняється: для першої системи необхідно розв’язати проблему, для другої головна мета полягає в розв’язанні проблеми з найменшими витратами ресурсів, при цьому необхідно враховувати вплив зовнішнього середовища.

Початкові, переважно неформальні етапи системного дослідження проблеми подано на рисунку 4.2.



### 4.3 Евристичні методи генерування альтернатив

Наступним етапом системного аналізу є генерування альтернатив, тобто ідей та можливих шляхів досягнення визначеної мети. Генерування альтернатив є творчим процесом. Існує кілька методів, які застосовують для цього: метод мозкового штурму, метод Дельфі, сценарний аналіз та ін.

**Метод мозкового штурму** – це метод посилення творчого підходу стимулюванням генерування ідей у процесі їх обговорення групою людей, при якому забороняється критика. Мета цього методу полягає в стимулюванні висловлення ідей через заохочення ініціативи учасників. При цьому передбачається дотримання таких правил:

- жодна ідея не вважається безглуздою, і тому членів групи заохочують висловлювати довільні крайнощі та неймовірні ідеї;
- кожна з висловлених ідей належить колективу, а не особі, що запропонувала її. Тому кожен член групи використовує ідеї інших;
- жодна з ідей не піддається критиці, тому що головна мета – породжувати, а не оцінювати ідеї.

**Метод Дельфі** передбачає одержання та зіставлення анонімних суджень про питання, яке становить для нас інтерес, через послідовне розсилання анкет, що перемежовується з обробленням отриманої інформації. При методі Дельфі зберігаються переваги наявності кількох суджень і водночас усувається ефект зміщених оцінок, який можливий за особистої взаємодії респондентів. Основа методу – збір поштових анкет. Наприклад, учасники опитування відповідають на першу анкету та відсилають її. Спеціалісти узагальнюють відповіді, визначаючи груповий консенсус, та відправляють цей результат респондентам разом із другою анкетною для переоцінки своїх попередніх відповідей. Основна ідея цього методу полягає в тому, що консенсус приводить до кращого розв'язку після кількох раундів опитування. Але, як показують дослідження, досить часто значні зміни не відбуваються вже після другого раунду.

**Розробка сценаріїв** – це метод генерації альтернатив за допомогою аналізу ймовірних шляхів розвитку або поведінки системи у майбутньому. Отже, сценарій являє собою певний варіант можливого розвитку подій, деякий логічно обґрунтований прогноз, який з певною ймовірністю реалізується після прийняття рішення. Корисно розробляти кілька варіантів сценаріїв, як правило, песимістичних та оптимістичних, у межах яких найімовірнішим є розвиток майбутніх подій.

До сценаріїв відносять не тільки змістовні міркування, що дають змогу не втратити деякі важливі деталі, які не завжди враховуються при формальному описуванні системи, а й результати кількісного техніко-економічного або статистичного аналізу із попередніми висновками, які можна одержати на їх підставі. На практиці за сценаріями розробляють комплексні програми розвитку економіки, прогнози для окремих галузей промисловості.

Отже, сценарій є попередньою інформацією, на основі якої виконується подальша робота з прогнозування галузі чи розроблення варіанта проекту. Він уможливорює уявлення проблеми, а потім перехід до формального зображення

системи у вигляді графіків, таблиць для проведення експертного опитування та інших методів системного аналізу.



Рисунок 4.2 – Головні етапи проведення системних досліджень

**Метод експертних оцінок** полягає в опитуванні групи фахівців з метою з'ясування їхньої думки стосовно досліджуваної проблеми. При застосуванні цього методу вважається, що думка групи експертів надійніша, ніж думка окремого експерта. Він ґрунтується на тому, що невідома характеристика досліджуваного явища трактується як випадкова величина, а індивідуальна оцінка кожного експерта щодо істинності та значущості тієї чи іншої події є відображенням її закону розподілу.

#### Питання для самоперевірки:

1. Охарактеризуйте головні етапи проведення системного аналізу.
2. У чому полягає розширення проблематики при аналізі організаційних систем?
3. Для чого необхідно будувати дерево цілей?
4. Побудуйте дерево цілей та проаналізуйте наявні можливості для вирішення кількох проблем, які вам доводилося вирішувати на практиці.
5. Побудуйте дерево цілей для певного підприємства, про функціонування якого ви маєте відповідну інформацію.
6. Які ви знаєте евристичні методи генерування альтернатив?
7. У чому полягає сутність методу «мозкового штурму»?
8. У чому полягає сутність методу Дельфі?

## ТЕМА 5 АНАЛІЗ І СИНТЕЗ У СИСТЕМНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

### 5.1 Поняття елемента, функції, структури

**Елементом** називається деякий об'єкт (матеріальний, енергетичний, інформаційний), що має ряд важливих властивостей, але внутрішня будова якого безвідносна до мети дослідження, тобто елемент не піддається подальшій декомпозиції при обраному рівні розгляду системи.

**Функція системи** – це все те, що виконує система або може виконувати згідно до свого призначення. Множина функцій системи є перетворенням призначення системи в дії. Функцію елементу зручно розглядати як сукупність її станів у просторі та часі. При взаємодії функцій доволі часто виникає нова властивість (властивості), які не виявляються в кожному окремому елементі системи.

Поняття структури є одним з основних в системному аналізі. За ступенем зв'язку та розумінням будови чи сприйняття системи розрізняють форми, сукупності та структури.

**Форма** – це зовнішній вигляд об'єкта безвідносно до його суті (земна куля та більярдна куля мають форму кулі), геометричне поняття, що стосується з'єднання речей або ідей.

**Сукупність** – це з'єднання або набір в одну множину безвідносно до форми чи порядку.

**Структура** – це множина частин або форм (елементів), які знаходяться у взаємодії та специфічному порядку, необхідному для реалізації функцій. Отже, функція є первинною щодо структури.

**Структура системи** – це стійка упорядкованість у просторі і в часі її елементів і зв'язків. Властивістю структури є можливість існування протягом певного часу за допомогою зв'язуючого пристосування для збереження елементів (частин) та їх відношень приблизно в одному й тому ж порядку, реагуючи при цьому на дії середовища.

Структура системи може бути охарактеризована за типами зв'язків, які в ній є або які в ній переважають. Найпростішими зв'язками є паралельне, послідовне з'єднання та обернений зв'язок. Обернений зв'язок виконує регулюючу роль у системі.

Залежно від характеру організації в системі елементів і їхніх зв'язків можна виділити основні типи структур (рис. 5.1): **мережну (а), кістякову (б) ієрархічну (в)**, які відображають послідовне підвищення ступеня централізації системи. Взагалі ж структури можуть бути найрізноманітніші і включати різні **комбінації взаємозв'язків елементів (г)**.

При дослідженні складних систем в більшості випадків вони є або достатньо жорстко централізованими (ієрархії), або ж мають малий ступінь централізації (нечітка мережа малих систем). В залежності від призначення та властивостей зовнішнього середовища більш або менш ефективними можуть бути або ієрархії, або мережі. У процесі створення системи та планування її діяльності врешті-решт розглядаються компроміси між роботою великої, добре об'єднаної ієрархічної системи з доволі простим призначенням та багатоелементною багатоцільовою мережею достатньо малих систем з розподіленими і нечіткими взаємними зв'язками. Ієрархії є не чим іншим, як різновидом мереж.

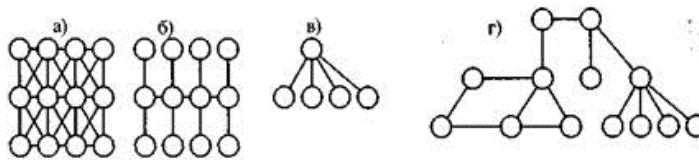


Рисунок 5.1 Основні типи структур

Організаційні структури змінюються:

- внаслідок сприймання нових потреб, усвідомлення нових функцій та побудови нових потоків, що відповідають цим функціям;
- внаслідок еволюції шляхом реагування на збурення зовнішнього середовища;
- модифікуючи старі та утворюючи нові структури, які роблять їх менш вразливими до можливих пошкоджень.

Незважаючи на те, що ієрархії мають певні недоліки, обумовлені простішою формою, ієрархічна побудова більш поширена в конфігурації організацій, ніж мережна. Окрім того ієрархії є прозорими структурами для ефективного відображення проблем.

**Ієрархія** – це структура з підпорядкованістю, тобто з нерівноправними зв'язками – дії в одному напрямку виявляють набагато більший вплив, аніж в оберненому. В більшості випадків прямий зв'язок – це керування і керуюча інформація, обернений – інформація про виконання та відхилення. На практиці розглядаються два основні типи ієрархічних структур – деревовидна та ієрархічна.

**Деревовидна структура** (рис. 5.2) є найпростішою для аналізу та реалізації. В майже всіх випадках в ній виділяються ієрархічні рівні – групи елементів, що знаходяться на однаковій віддалі (вимірюваної як кількість ребер) від головного елемента (кореня дерева). Структури цього типу є надзвичайно поширеними (ієрархія проектування складної програмної системи, ієрархія цілей у складній організаційній системі, ієрархія за ознакою керованості процесів в живому організмі, ієрархія в зграї тварин).

**Ромбовидна структура** (рис. 5.2) приводить до множинної (частковий випадок – подвійної) підпорядкованості, належності елементів нижнього рівня. Приклади – участь одного технічного елемента в роботі більш ніж: одного вузла, блока, використання одних і тих самих даних або результатів вимірювань в різних завданнях.

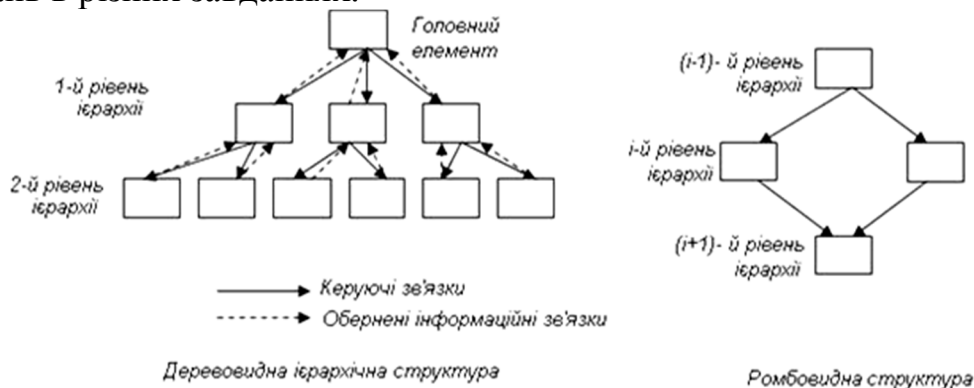


Рисунок 5.2 – Види ієрархічних структур

Будь-яка ієрархія звужує можливості та гнучкість системи. Елементи нижнього рівня обмежуються домінуванням верхнього рівня, вони здатні

впливати на це домінування лише частково та, зазвичай, з певною затримкою. Однак введення ієрархії різко спрощує створення та функціонування системи. Недарма той чи інший ступінь ієрархії спостерігається практично у всіх складних природних системах. Негативні наслідки ієрархії багато в чому долаються шляхом зменшення жорсткості підпорядкування, можливістю самостійно реагувати на деякі дії без жорсткої регламентації згори.

Отже, структура є стійкими взаємними зв'язками між елементами системи, які забезпечують її цілісність. Структура є найконсервативнішою характеристикою системи: хоча стан системи змінюється, структура її зберігається незмінною іноді дуже тривалий час. Якщо розглядати поняття «структура» у взаємному зв'язку з поняттям мета, то *під структурою слід розуміти спосіб досягнення мети*.

## 5.2 Поняття аналізу та синтезу систем

У філософському розумінні аналіз і синтез є методами пізнання дійсності. Сутність аналітичного методу пізнання полягає у поділі (реальному чи мисленому) цілого на частини, в поданні складного у вигляді сукупності простіших компонентів та дослідженні властивостей цих компонентів. Потім знання про частини агрегується в знання про систему в цілому. Але при поділі системи в процесі аналізу можуть втрачатися суттєві властивості як самої системи, так і окремих відділених від неї частин. Це обумовлено такими важливими властивостями систем, як цілісність та емерджентність.

Синтетичний метод пізнання полягає в об'єднанні частин у ціле. Проте синтез не зводиться лише до «механічного збирання» частин, що були одержані шляхом аналізу. При синтетичному підході систему необхідно розглядати як складову більшої системи (надсистеми) та, дослідивши її, дезагрегувати знання про неї для пояснення частин. Це досягається вивченням значення та функцій частин у цілому. У такий спосіб аналіз і синтез доповнюють один одного.

Операції поділу цілого на частини та їх з'єднання у ціле називають відповідно *декомпозицією* та *агрегуванням*.

У вузькому розумінні *аналіз* системи полягає в її декомпозиції з подальшим визначенням статичних та динамічних характеристик її елементів, що розглядаються у взаємодії з іншими елементами системи та зовнішнім середовищем. *Синтез* системи полягає в її створенні (проектуванні, організації, оптимізації) через визначення статичних та динамічних характеристик, що мають забезпечувати у сукупності максимальну відповідність системи поставленим завданням.

Розглянемо головні завдання, що вирішуються за допомогою аналізу та синтезу систем.

На етапі декомпозиції системи здійснюється:

- визначення та декомпозиція загальної мети дослідження та головної функції системи як обмеження траєкторії в просторі станів системи або в області допустимих ситуацій. Найчастіше декомпозицію виконують побудовою дерева цілей та дерева функцій;

- виділення системи із середовища (поділ на «систему» та «несистему»);

- опис впливових факторів;
- опис тенденцій розвитку;
- опис системи як «чорного ящика»;
- функціональна (за функціями), компонентна (за типом елементів), структурна (за типом відношень між елементами) декомпозиція системи.

Глибина декомпозиції – кількість рівнів дерева цілей – визначається метою дослідження системи.

### 5.3 Види аналізу та синтезу систем

Аналіз та синтез систем можуть здійснюватись у таких аспектах:

- структурному;
- функціональному;
- інформаційному;
- параметричному.

**Структурний аналіз** проводиться з метою дослідження статичних характеристик системи виділенням у ній підсистем та елементів різного рівня і зв'язків між ними. Тобто об'єктами дослідження структурного аналізу є різні можливі варіанти структури системи.

Метою **структурного синтезу** є розроблення (створення, проектування, реорганізація, оптимізація) системи, яка повинна мати певні властивості. Структурний синтез виконується для обґрунтування множини елементів структури, відношень та зв'язків, які б забезпечували в сукупності максимальну відповідність заданим властивостям.

Сутністю **функціонального аналізу** є визначення динамічних характеристик системи через дослідження процесів зміни її станів з часом на основі прийнятих алгоритмів (способів, методів, принципів) її функціонування. У межах функціонального аналізу досліджуються алгоритми та методи управління системою, включаючи загальний закон функціонування, що містить всі основні етапи та функції управління (формулювання цілі управління, збір та оброблення необхідної інформації, прийняття рішень, планування, організацію, контроль, виконання рішень тощо).

Метою **функціонального синтезу** є обґрунтування оптимальних характеристик процесів функціонування системи, тобто її станів у майбутньому відповідно до поставлених перед системою цілей.

**Інформаційний аналіз** спрямований на дослідження якісних та кількісних характеристик інформаційних процесів у системі. При цьому вивчають:

- збір та сприйняття інформації (ці процеси характеризують взаємодію системи із зовнішнім середовищем);
- обмін інформацією між окремими підсистемами;
- аналіз, оброблення, створення нової інформації;
- використання інформації;
- обмін інформацією із зовнішнім середовищем.

Завданням **інформаційного синтезу** є обґрунтування необхідного обсягу та форм подання інформації, методів та засобів її передавання, оброблення, зберігання. Інформаційний синтез доповнює завдання інформаційного аналізу, що здійснюється з метою визначення необхідних кількісних та якісних характеристик інформації, яка використовується в процесі функціонування системи.

**Параметричний аналіз** полягає у визначенні необхідної та достатньої сукупності узагальнених та часткових показників, що утворюють ієрархічну структуру та мають характеризувати найсуттєвіші властивості системи.

Сутністю **параметричного синтезу** є обґрунтування необхідної та достатньої сукупності показників, що уможливають оцінювання бажаних властивостей системи, яка створюється, та її загальну ефективність.

#### **Питання для самоперевірки:**

1. Що таке функція системи?
2. Які ви знаєте типи структур системи?
3. У чому полягають головні труднощі, що виникають при алгоритмізації системних досліджень?
4. У чому полягають завдання аналізу та синтезу систем?
5. Що називається агрегуванням?
6. Що називається декомпозицією?

## **ТЕМА 6 ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ**

### **6.1 Складові функціонування системи**

Функціонування системи представляє собою відтворення функціонального ефекту, який зводиться до здатності системи робити те, що принципово не може зробити будь-який її елемент. Функціонування системи представляє собою досить складний для опису процес, оснований на принципах структурної і функціональної цілісності, відносної автономності елементів і функцій, а також принципу активності систем. Система в процесі функціонування виступає як цілісне утворення, у якому між її структурою і функціями існує взаємозв'язок і взаємообумовленість. Функціонування системи обов'язково базується на її структурних змінах. Функція реалізується структурою і пояснюється за допомогою структури.

**Під станом системи розуміють упорядковану сукупність значень внутрішніх і зовнішніх параметрів, котрі визначають хід процесів, що відбуваються в системі.**

В процесі функціонування системи можна виділити декілька аспектів:

– *взаємодію системи з середовищем.* Первісним для функціонування системи може бути вплив на неї середовища, або прагнення системи досягти кращого (більш комфортного) стану, що змушує її впливати на інші системи або середовище. Взаємодія системи з середовищем визначає проблемну ситуацію для системи, коли їй потрібно пристосуватися, підкоритися середовищу, або посилено його трансформувати;

– *відпрацювання системою алгоритму, моделі взаємодії з середовищем.* Цей алгоритм представляє собою саме тип взаємодії;

– *реорганізацію (адаптацію) внутрішньої структури системи завдяки її внутрішнім функціям.* Внутрішні функції змінюють стан системи, роблять її здатною виконувати зовнішні навантаження;

– *узгодженням функціонування елементів системи як цілісного організму.* Відбувається перерозподіл навантаження по елементам, узгодження їх дій;

– *перетворенням системою навколишнього середовища і себе самої.* Будь-яке зовнішнє функціонування досягається за допомогою внутрішньої її перебудови.

В процесі функціонування виникають численні проблеми. Власне, саме по собі функціонування будь-якої системи, представляє собою виявлення системою проблемних ситуацій та їх вирішення. Найтиповішими серед них є:

– **реактивність**, яка зводиться до здатності системи фіксувати реакцію навколишнього середовища, реакції своїх елементів та виробляти на них власні реакції як цілісної структури;

– **збереження границь**, бо функціонування систем – це процес порушення та підтримки границь. Для того, щоб впливати на середовище, системі потрібно здолати свої власні границі, однак одночасно їй необхідно і утримувати їх при впливі навколишнього середовища. Таким чином, для границь системи властиві плинність, динаміка границь, а часом і їх розмитість, що дозволяє системі краще адаптуватися, досягати своїх цілей;

– **збереження рівноваги, збалансованості, стабільності системи.** Функціонування завжди припускає використання певних ресурсів системи, що може призводити до їх витрат а бо втрат. Система, що була виведена із рівноваги діями навколишнього середовища, може віддати їй такі великі ресурси, що втратить баланс з середовищем і потрапить у стан руйнування і втрати функцій;

– **режими функціонування системи**, які характеризують її «виклики» навколишньому середовищу і впливи на неї. Саме тому, процес функціонування системи є багатоваріантним.

Будь-яка система може знаходитись в одному з режимів функціонування системи:

- *рівноважному або сталому* (система знаходиться в одному і тому ж стані);
- *періодичному* (система через рівні проміжки часу проходить одні і ті ж стани).

Якщо система знаходиться в рівноважному або періодичному режимі, то вважається, що це сталий або стаціонарний режим.

*Перехідний режим* – функціонування системи між двома періодами часу, в кожному з яких система знаходилася в стаціонарному режимі.

*Аперіодичний режим* – система проходить певну множину станів, однак закономірність їх проходження досить складна.

*Ергодичний режим* – система проходить увесь простір станів таким чином, що з часом проходить досить близько до будь-якого заданого стану.

– **збереження або покращення динаміки системи.** Стан системи представляє собою сукупність значень її показників. Всі можливі стани системи утворюють множину її станів. Якщо в цій множині визначено поняття близькості елементів, то воно визначається простором станів.

*Функціонування (рух, поведінка) системи* – це процес переходу системи з одного стану в другий, з нього в третій і т. ін.

– **оптимальність функціонування системи**, - здатність системи вибирати і реалізовувати найкращу траєкторію з простору функцій. **Оптимізація** – процес пошуку найкращої альтернативи, що забезпечує максимальне або мінімальне значення функцій системи;



– *спосіб представлення функціонування системи*, або оптимізація системи. Ефективне управління системою в значному ступені залежить від того, як представлена система. Зрозуміло, що природа системи не залежить від наших уявлень про неї, а ось модель, яка використовується на практиці, буде істотною для неї. Наприклад, якщо повітря, котре знаходиться в аудиторії, представити у вигляді молекул декількох газів, причому кожна з яких буде характеризуватися своїми координатами та швидкістю, то поведінка системи буде ергодичною, якщо ж вважати повітря як систему, котра містить один елемент – повітря з показниками тиску і температури, то така система буде знаходитись у рівноважному режимі.

Для більшості інженерних задач, другий спосіб визначення системи є більш переважним, оскільки утворюється проста детерміністська модель, а в першому випадку – надскладна імовірнісна, і яку реально практично не можна дослідити, а якщо б навіть і змогли, то не має можливості реалізувати отримані результати.

## **6.2 Поняття простору, стану і поведінки системи**

Поняття простору не повинно викликати труднощів. Можна представити собі нормальний простір, у якому існує не три, а довільна кількість осей координат, а стан – це точка у цьому просторі, яка характеризує об'єкт в поточний, або довільний момент часу, подібно тому як координати нормального простору характеризують просторове розташування, взаємного співвіднесення матеріальних точок і фізичних тіл.

*Під узагальненим (фазовим) простором системи розуміють простір, в якому визначені не тільки статичні координати точки, координати її положення, але і є вся інформація, необхідна для визначення її поведінки в майбутньому.* Наприклад, в механіці використовується шестимірний фазовий простір, у якому визначені координати положення матеріальної точки і швидкість зміни її стану по цим координатам.

Поняття стану системи є одним з найважливіших в точних науках. В системотехніці стан системи визначається як точка фазового простору, що містить в сукупності всю інформацію про передісторію системи, істотну для визначення її поведінки в майбутньому.

*Поведінкою абстрактної системи називається певна множина її властивостей (функцій), яка описує у часі зв'язок входних сигналів, вихідних результатів функціонування, і набору координат і параметрів, котрі визначають її стан.*

Поведінка складних систем визначається винятково властивостями елементів і зв'язків між ними (структури системи і функцій елементів).

Існують і підлягають розгляду два види взаємозв'язків, взаємодій систем:

- функціональні;
- структурні.

*Функціональні взаємодії* полягають у тому, що сили, речовина, енергія, інформація, які представляють собою вихідні потоки одних елементів (систем), впливають на входи інших елементів. Це впливи через потоки, через виходи одних елементів на входи інших. Це зовнішні взаємодії систем, котрі не стосуються їх внутрішньої структури.

*Структурна взаємодія* двох і більше систем здійснюється через елементи, які входять одночасно в усі взаємодіючі системи. В процесі функціонування однієї системи, змінюються стан і функції її елементів, у тому числі, які входять у спільну область, в перетинання систем, що призводить до зміни функціонування інших систем. Для складних і великих систем це найбільш важливий тип взаємодії.

### **6.3 Системо-утворюючі фактори**

**Системо-утворюючі фактори.** Однією з найважливіших проблем у визначенні системи є виявлення суті тих сил, котрі об'єднують множину елементів в одну систему. Дійсно, як утворюються, існують, функціонують, розвиваються системи, як вони зберігають свою цілісність, структуру, форму, ту особливість, котра дозволяє відрізнити одну систему від іншої?

Існує таке уявлення про системо-утворюючі фактори, яке включає в себе наступне: зовнішні системо-утворюючі фактори, та внутрішні системо-утворюючі фактори.

**Зовнішні системо-утворюючі фактори.** Це фактори середовища, котрі сприяють виникненню і розвитку систем. Вони поділяються на механічні, фізичні, хімічні і т. ін. Зазначені фактори діють на усіх рівнях матерії. Прикладом може бути – скупчення людей існуюче під впливом кліматичних, політичних, соціальних або інших умов; скупчення і упорядкування атомів під впливом будь-якого поля (магнітного, теплового, гравітаційного і т. ін.). Інакше кажучи, системо-утворюючі фактори, це такі сили, які сприяють утворенню системи, є далекими для її елементів, не обумовлюються і не викликаються внутрішньою необхідністю до об'єднання. Вони не можуть відігравати головну роль, вони випадкові, однак будучи такими, ці фактори можуть бути внутрішніми і необхідними у масштабі тієї системи, в яку розглядувана входить в якості елемента. Одним з найважливіших зовнішніх системо-утворюючих факторів є час, точніше нетривала його частка, яка називається «майбутнім». Майбутнє може виступати у якості мети об'єднання. Поняття «ради майбутнього» можна застосувати до процесів створення будь-яких систем. В основі збереження систем лежить поняття «майбутнього». Крім того, майбутнє впливає на розвиток систем ще й тим, що його зачатки існували в минулому. Особливо ці категорії («минуле» і «майбутнє») стосуються аналізу соціальних систем. В загальному випадку, виділення простору і часу, як зовнішніх системо-утворюючих факторів умовно, тому що все у світі знаходиться у просторі і в часі, однак кожна конкретна система має свої просторово-часові характеристики, які можна визначити як внутрішні, притаманні тільки їй і які є відмінними від простору і часу іншої системи.

**Внутрішні системо-утворюючі фактори.** Це фактори, які породжуються окремими елементами, групами елементів, або усією множиною і котрі поєднуються в систему. Спільність природної якості елементів дозволяє існувати багатьом природним системам тому, що елементи будь-якого природного складу мають тільки їм притаманні:

– *особливі зв'язки* (прикладом можуть служити атоми одного елемента, мономері у полімері, клітини одного органу, організми в популяції і т. ін.);

– *взаємного доповнення* - забезпечує зв'язок як однорідних так і різнорідних елементів в системі;

– *фактори індукції* - відображають притаманну усім системам живої і неживої природи властивість «добудовування» системи до стану завершеності (наприклад, уламок кристала при дорощуванні відновлює первісну форму кристала);

– *постійні стабілізуючі фактори* системо-утворення включають постійні жорсткі зв'язки, котрі забезпечують єдність системи (прикладом можуть бути каркас будівлі, скелет організму), крім того ці фактори є не тільки системо-утворюючими, але й системозберігаючими;

– *зв'язки обміну* – представляють собою сутність будь-якої взаємодії елементів. Характер обміну і його субстрат залежать від рівня розвитку взаємодіючих елементів або підсистем в системі. В неорганічній природі в якості субстрату обміну виступають різні види речовини, поля, енергія, інформація. Жива природа несе ще більше розмаїття: речовина, інформація, енергія, різні сили, звукові коливання і т. ін. В людському суспільстві – основна форма зв'язку такого типу – економічна;

– *функціональні зв'язки* виникають в процесі специфічної взаємодії елементів систем. Можна назвати функціональними зв'язки, котрі виникають між різними хімічними елементами, взаємодії між тваринами під час полювання, між людьми при спільних діях. Ці зв'язки найчастіше носять тимчасовий характер і утворені ними системи можуть розпадатися, якщо немає більш сильних, постійних системоутворюючих факторів.

**Штучні системо-утворюючі фактори.** Ці фактори створюються людиною і можуть носити як внутрішній, так і зовнішній характер. Вони є зовнішніми, коли елементи утвореної системи індиферентні один до одного (куча каменів, мішок зерна); і можуть бути внутрішніми, якщо утворена ними система виступає як єдність подібних елементів.

## 6.4 Механізм розвитку систем

### Виникнення

З матеріалістичної точки зору, існуючий навколишній світ в цілому не виникає і не зникає, він існує вічно, представляючи собою взаємозв'язок, взаємодію конкретних матеріальних систем. *Виникнення* – є одна з форм руху матерії. Це поняття відображує процеси притаманні усім конкретним явищам органічної і неорганічної природи, суспільства і мислення. Ця універсальність дає повне право вважати «виникнення» філософською категорією. Кожне явище має свій початок, тобто виникає, але виникає не на порожньому місці, а на базі попереднього і появляється при сприятливих умовах. Виникнення також найтіснішим чином пов'язано з поняттям «нове». Поява нового і є виникнення, а нове зароджується в надрах старого, на його базі.

Процес виникнення можна розділити на два етапи:

1) *прихований*, коли з'являються нові елементи і відбувається їх кількісне зростання;

2) *явний*, коли нові елементи утворюють нову структуру, тобто нову якість, коли відбувається поступове накопичення певних факторів і відбувається різкий скачок – утворення нового, якісно несхожого.

Так, на перший погляд виникнення льоду здається раптовим, але в дійсності при зниженні температури відбувається поступове уповільнення руху молекул, зменшення їх енергії, що і приводить до скачка, тобто утворення кристалів льоду. Отже поступовість, як етап виникнення, включає в себе не тільки кількісне зростання нових елементів, але й кількісні зміни енергетичних станів елементів системи, котрі призводять в кінцевому підсумку до структурної перебудови, тобто до скачка. Виникнення неможливе без руйнування. Ці два процеси органічно пов'язані один з одним і не мають переваги один перед одним. Причини виникнення як і причини руйнування криються у вічній взаємодії взаємопов'язаних суперечливих сторін, явищ, процесів. Існує уявлення про виникнення, як акт злиття, сполучення двох і більше якостей в одну, або поділу однієї якості на дві (або більше) нових. Крім того, утворення системи може відбуватися шляхом обміну елементів, але це не третій шлях, а поєднання сполучення і роз'єднання взаємодіючих об'єктів. Виникнення системи є одночасно і виникнення нової форми руху, або нового виду визначеної форми руху і пов'язано з тим, що попередня форма руху вичерпала себе. Це виражається в тому, що будь-яка подальша організаційна перебудова елементів системи в рамках даної форми руху веде не до зміцнення і удосконалювання цієї системи, а до її перетворення. Система вважається виниклою, коли між елементарними носіями нової форми руху утвориться взаємозв'язок, однак на початку, зв'язок носить хитливий характер, тобто нова система знаходиться на грані переходу з можливості в дійсність. Інакше кажучи, нова якість повинна ще утвердитися, проявитись, знайти усталеність, тобто нова система, виникнувши, повинна нею стати. З природних прикладів можна зробити висновок про безперервне виникнення нового, але не кожне виникле виявляється відповідним зовнішнім умовам. Отже, виникнення – складний суперечливий процес. Існує багато форм виникнення, де притягання і відштовхування, роз'єднання і сполучення варіюються у самих несподіваних сполученнях.

### **Становлення системи**

*Становлення* – це етап в розвитку системи, в процесі якого вона перетворюється в розвинену систему. Становлення є єдність «буття» і «ніщо», але це не проста єдність, а невимірний рух. Процес становлення як і виникнення системи, пов'язаний з кількісним збільшенням якісно ідентичної множини елементів. Так в термодинамічних умовах земної поверхні, кількість кисню і вуглеводу переважає над усіма іншими елементами, а на поверхні інших планет переважають інші елементи. Це свідчить про потенційну можливість кількісного зростання будь-якого елемента при сприятливих фізико-хімічних умовах. В процесі становлення системи, відбувається поява у неї нових якостей: природних і функціональних.

*Природною якістю* є визначаючий признак того або іншого класу, рівня систем, що дає змогу говорити про тотожність систем цього класу.

*Функціональна якість* включає в себе специфічні властивості системи, набуті нею в результаті її способу зв'язку з середовищем.

Якщо природна якість поступово зникає разом з даною системою, то функціональна якість може змінитися відповідно зміні зовнішніх умов. Крім того, нові якості з'являються і в окремих елементах системи, вірніше елемент набуває цю якість при утворенні системи (наприклад, вартість товару). Протиріччя між якісно тотожними елементами є одним з джерел розвитку системи. Один з наслідків цього протиріччя – тенденція до просторового розширення системи. Виникнувши, якісно тотожні елементи намагаються розійтись в просторі. Це «намагання» зумовлено безперервним кількісним зростанням цих елементів і виникаючими між ними протиріччями. Але з іншої сторони, існують системо-утворюючі фактори, котрі не дають системі яка виникла, розпастись через існуючі в системі внутрішні протиріччя і розширення. Крім того, існує границя системи, вихід за яку може бути згубним для елементів знову виниклої системи. Додатково, на знову виниклі елементи нової системи, діють системи уже існуючі елементи, які існували даному середовищу раніше. Вони перешкоджають проникненню нових систем в середовище свого існування.

Таким чином, з однієї сторони, елементи нової системи знаходяться у протиріччі один з одним, а з іншої сторони, під тиском зовнішнього середовища і умов існування вони знаходяться у взаємодії, у єдності. При цьому тенденція розвитку така, що внутрішні протиріччя між якісно тотожними елементами системи приводять їх до тісних взаємозв'язків, і, нарешті, призводять до становлення системи в цілому. Ось як, наприклад, описується процес становлення атомів: «Колись існувала «популяція» елементарних частинок. Між ними здійснювались процеси комбінаторики, а комбінації підкорялася «відбору». Комбінаторика підкорялася ступеням свободи і заборонам, діючим у світі елементарних частинок. «Виживали» тільки ті комбінації, котрі допускалися середовищем. Це були процеси фізичної еволюції матерії, результат її – система атомів таблиці Менделєєва, а її тривалість – декілька десятків мільярдів років». Становлення є суперечлива єдність процесів диференціації та інтеграції. Причому диференціація елементів що поглиблюється, відповідно посилює і їх інтеграцію. Отже в процесі виникнення і становлення, спостерігається кількісне зростання нових елементів. Основним рушійним протиріччям розвитку виявляється при цьому протиріччя між новими елементами і старою системою, яка вирішується перемогою нового, тобто виникненням нової системи, нової якості.

### **Цілісність системи**

*Цілісність або зрілість* системи визначається поряд з іншими признаками також наявністю в єдиній системі домінуючих протилежних підсистем, кожна з яких об'єднує елементи що володіють функціональними якостями, протилежними функціональним якостям іншої підсистеми. Система в період зрілості є внутрішньо суперечливою не тільки внаслідок глибокої диференціації елементів, а й через домінування одних з них відносно інших, але й внаслідок двійковості свого стану (системи яка має одну форму руху, і одночасно є носієм більш вищої форми руху). Завершуючи одну форму руху, система представляє собою цілісність і «намагається» повністю розкрити можливості цієї вищої форми руху. З іншої сторони, як елемент вищої системи, як елементарна система – носителька нової форми руху, вона обмежена у своєму існуванні законами

зовнішньої системи. Природно, що ці протиріччя між можливістю і дійсністю в розвитку як зовнішньої системи, здійснюють вплив на розвиток її елементів. А найбільш перспективними в розвитку виявляються ті елементи, функції яких відповідають потребам зовнішньої системи. Інакше кажучи, система, спеціалізуючись, позитивно впливає на розвиток переважно тих елементів, функції яких відповідають спеціалізації. А у зв'язку з тим, що домінуючими в системі є елементи або функції, які відповідають умовам зовнішньої системи (або навколишнього середовища), то й система в цілому стає спеціалізованою. Вона може існувати, функціонувати тільки в тому середовищі, в котрому сформувались. Будь-який перехід зрілої системи в інше середовище неминуче викличе її перетворення. Так, простий перехід мінералу з однієї області в іншу, викликає в ньому зміни і перегруповання, що відповідає новим умовам. Це пояснюється тим, що мінерал може існувати незмінно лише до тих пір, поки він знаходиться в умовах свого утворення. Як тільки він з них вийшов, для нього починаються нові стадії існування. Однак, навіть при сприятливих зовнішніх умовах, внутрішні протиріччя в системі виводять її з досягнутого на певному етапі стану рівноваги, тобто система неминуче вступає в період перетворення.

### **Перетворення системи**

Аналогічно утворенню системи, при її перетворенні, зміні, існують внутрішні і зовнішні причини, що проявляються з більшою або меншою силою в різних системах.

#### ***Зовнішні причини:***

1. Зміна зовнішнього середовища, що викликає функціональну зміну елементів. В наявному середовищі неможливо тривале існування незмінної системи: будь-яка зміна, як би повільно і непомітно вона не протікала, неминуче призведе до якісної зміни системи. Причому зміна зовнішнього середовища може відбуватись як незалежно від системи, так і під впливом самої системи. Прикладом може служити діяльність людського суспільства, яка сприяє зміні навколишнього середовища не тільки на користь, але й здійснює шкоду (забруднення водойм, атмосфери і т. ін.)

2. Проникнення в систему далеких об'єктів, що призводить до функціональних змін окремих елементів ( перетворення атомів під впливом космічних променів).

#### ***Внутрішні причини:***

I. Безперервне кількісне зростання диференційованих елементів системи в обмеженому просторі, в результаті чого загострюються протиріччя між ними.

II. Накопичення «помилки» у відтворенні собі подібних (мутації в живих організмах). Якщо елемент – «мутант» більше відповідає середовищу, котре змінюється, то він починає розмножуватися. Це і є виникнення нового, що вступає в протиріччя зі старим.

III. Припинення зростання і відтворення складових елементів системи. Як наслідок – система гине. Виходячи з розуміння зрілої системи як єдності і стійкості структури, можна визначити різні форми перетворення, безпосередньо пов'язані зі зміною кожного з перерахованих атрибутів системи:

1. Перетворення що призводить до знищення усіх взаємозв'язків елементів системи (руйнування кристала, розпад атому і т. ін.).

2. Перетворення системи в якісно іншу, але рівну по ступені організації стану. Це відбувається внаслідок:

а) зміни складу елементів системи (заміщення одного атома в кристалі на інший);

б) функціональної зміни окремих елементів і/або підсистем в системі (перехід ссавців від сухопутного образу життя до водного).

3. Перетворення системи в якісно інший, але нижчий по ступені організованості стан. Воно відбувається внаслідок:

а) функціональних змін елементів і/або підсистем в системі (приспосовування тварин до нових умов середовища існування)

б) структурних змін (модифікаційні перетворення в неорганічних системах: наприклад перехід алмаза в графіт).

VI. Перетворення системи в якісно інший, але вищий по ступеню організованості стан. Воно відбувається як в рамках однієї форми руху, так і при переході від однієї форми до іншої. Цей тип перетворення пов'язаний з прогресивним, поступальним розвитком системи.

Отже, **перетворення** – неминучий етап в розвитку системи. Він вступає в нього в силу зростаючих протиріч між новим и старим, між функціями елементів, що змінюються і характером зв'язку між ними, між протилежними елементами. Перетворення може відображати як завершальний кінцевий етап в розвитку системи, так і перехід систем-стадій одна в одну. Перетворення є період дезорганізації системи, коли старі зв'язки між елементами рвуться, а нові ще тільки створюються. Перетворення може означати і реорганізацію системи, а також перетворення системи як цілого в елемент іншої, вищої системи.

### ***Питання для самоперевірки:***

- 1. На чому засновано функціонування систем?*
- 2. Назвіть складові функціонування систем.*
- 3. Назвіть найтипівіші проблемні ситуації функціонування систем.*
- 4. Що розуміють під терміном «фазовий простір системи»?*
- 5. Що розуміють під поведінкою абстрактної системи?*
- 6. Назвіть типи взаємодій систем.*
- 7. Назвіть типи системо-утворюючих факторів.*

## ТЕМА 7 СИСТЕМА ТА МОДЕЛЬ

### 7.1 Наукове пізнання та моделювання

Моделювання як метод наукового пізнання виникло у зв'язку з необхідністю розв'язування завдань, які з тих чи інших причин не можуть бути розв'язані безпосередньо. Вони виникають у випадках:

- об'єкт недосяжний за своєю природою;
- він ще не існує і потрібно обрати кращий варіант його створення;
- дослідження реального об'єкта вимагає багато часу, економічно не вигідне та ін.

Для описування структури або поведінки систем використовують моделі. **Моделі** являють собою певний умовний образ об'єкта дослідження. Модель будується для того, щоб відобразити характеристики об'єкта (елементи, взаємозв'язки, структурні та функціональні властивості), суттєві для мети дослідження. Схема організації, наприклад, є її графічною моделлю, що відображає її структуру.

Характерною рисою моделей можна вважати їх спрощеність відносно оригіналу або реальної життєвої ситуації, яку моделюють. Спрощеність моделей є неминучою, тому що оригінал лише в обмеженій кількості відношень відображується у моделі.

Отже, під моделлю розуміють описування системи, яке відображає певну групу її властивостей. Побудова моделі уможлиблює в певних межах передбачення поведінки системи.

Для різних цілей дослідження можна будувати різні моделі того самого об'єкта. Тому мета визначає, які риси оригіналу мають бути відображені в моделі. Процес дослідження реальних систем, що включає побудову моделі, дослідження її, властивостей та перенесення одержаних відомостей на реальну систему називають **моделюванням**.

### 7.2 Функції моделей систем

Основна функція моделі – це **засіб пізнання**. Відповідно до неї розрізняють наступні похідні функції моделей:

- засіб осмислення дійсності;
- засіб спілкування;
- засіб навчання та тренування;
- інструмент прогнозування;
- засіб постановки та проведення експериментів.

**Модель як засіб осмислення дійсності** дозволяє, допомагає впорядкувати та за можливістю формалізує первинні нечіткі або суперечливі уявлення про те чи інше явище, об'єкт, систему. У процесі побудови моделі в значній мірі виявляються взаємозалежності, послідовність дій, необхідні ресурси для реалізації моделі. Так, велику користь у процесі створення інформаційної моделі підприємства дає побудова фактографічної моделі, що дозволяє виявити непотрібні дублювання, обґрунтувати зміни в оргструктурі, оптимізувати документообіг.

**Як засіб спілкування** модель дозволяє більш точно описати складні поняття, порівняно з нечітким словесним описом, описує систему більш стисло, дозволяє зрозуміти причинно-наслідкові зв'язки та загальну структуру системи, що моделюється.

**Використання моделей для навчання та тренажу** дозволяє підвищити ефективність та скоротити строки навчання. Імітація різноманітних практичних



ситуацій на моделі, особливо ситуацій критичних, інформація про дії в яких здобута досвідом попередників, сприяє підвищенню якості навчання. На практиці широко використовуються різноманітні тренажери для навчання водіїв, льотчиків, космонавтів, працівників енергосистем. Дуже важливе застосування моделей – це ділові ігри для навчання адміністративного персоналу підприємств, установ, банків.

Одним з найчисленніших є **використання моделі для прогнозування**, передбачення на ґрунті інформації про минулу поведінку системи її поведінки в майбутньому.

**Як засіб проведення експерименту** модель використовується в тих випадках, коли проведення експериментів на реальній системі недоцільне або неможливе. Так, вибір оптимальної структури системи прийняття рішень шляхом експериментування на реальному підприємстві приводить до надзвичайно великих витрат. Випробування літака в критичних режимах загрожує життю пілота, а тому припустимі межі необхідно оцінити за результатами експериментів на макеті.

### 7.3 Класифікація моделей систем

**Класифікація моделей** проводиться за різними класифікаційними ознаками: ступінь визначеності, область зміни параметрів та змінних моделі, фактор часу, засоби опису та оцінки, природа моделей.

**Ступінь визначеності.** За цією ознакою моделі класифікуються як **детерміновані, стохастичні та з невизначеністю**.

Характерним для **детермінованих** моделей є те, що при певних конкретних значеннях вхідних змінних на виході моделі можна отримати лише один результат. Детермінована модель може відображати як детерміновану, так і стохастичну систему, в останньому випадку зі спрощеннями та абстрагуванням від випадкових факторів. Так, прогнозна модель зростання врожайності пшениці за роками планового періоду відображає тренд (тенденцію), є детермінованою і не відображає вплив багатьох випадкових факторів, як погодні умови, що діють в реальній системі.

**В стохастичних** моделях змінні, параметри, умови функціонування та характеристики стану системи представляються випадковими величинами та зв'язані стохастичними (випадковими) залежностями. Тому характеристики стану та реакції в моделі визначаються законами розподілу ймовірностей їх виникнення. У процесі побудови стохастичних моделей для отримання характеристик моделі та опрацювання результатів моделювання широко використовуються методи регресійного, кореляційного та факторного аналізу.

В моделях з **невизначеністю** розподіл ймовірностей певних параметрів може або взагалі не існувати, або ж бути невідомим.

**Область зміни параметрів.** Відповідно до цієї ознаки моделі можуть бути **дискретні, неперервні та дискретно-неперервні**.

Характерним для **дискретної** моделі є те, що множини припустимих значень змінних та параметрів у ній дискретні. Дискретна модель може відображати як дискретні, так і неперервні системи, які в цьому випадку представляються в дискретному вигляді шляхом введення різноманітного типу шкал, бальних оцінок та ін.

В *неперервних* моделях всі змінні та параметри моделі є неперервними, типовий представник моделей такого типу – системи диференціальних рівнянь.

**Фактор часу.** За фактором часу розрізняються *статичні* та *динамічні* моделі.

У *статичній* моделі всі залежності співвіднесені до одного моменту часу. Прикладом статичної моделі може бути модель структури системи, як незмінної в часі характеристики. В статичних моделях в явному вигляді відсутні залежності від часу. Статична модель може описувати й динамічну систему в певний момент часу.

В *динамічних* моделях значення змінних явно залежать від часу. Динамічну модель в принципі можна звести до статичної, однак при цьому вона стає надзвичайно громіздкою і практично не піддається аналізу. Більш ефективним є розгляд динамічної моделі як послідовності статичних моделей з рекурентним типом та зв'язків між ними.

**Засоби описання та оцінювання.**

За цією ознакою розрізняють *deskриптивні* та *нормативні* моделі.

*Deskриптивні* моделі не включають наочно сформульованого критерію (чи критеріїв) оцінки якості функціонування об'єкта, що моделюється, а тому з допомогою таких моделей можна лише описувати, аналізувати поведінку системи.

*Нормативні* моделі включають такі критерії, а тому й вказують норму функціонування системи, що моделюється. Нормативна модель, як правило, використовує й deskриптивну як свою складову частину. Так, система обмежень в оптимізаційній задачі є не чим іншим, як deskриптивною моделлю, а наявність критерію перетворює її в нормативну.

Якщо модель використовується для опису та кращого розуміння системи, то вона має *deskриптивний характер*. Якщо ж за допомогою моделі на основі прогнозування скеровується процес ухвали рішень (випрацювання рекомендацій в конкретних умовах, знаходження оптимальних розв'язків), то модель належить до класу *нормативних моделей*. Нормативну модель звичайно можна використовувати в якості deskриптивної, обернене твердження не дійсне. Більшу цінність з точки зору практичних застосувань мають нормативні моделі, що спрямовані не лише на пояснення, але в основному служать допоміжними засобами при розробці нових більш якісних систем.

**Природа моделей.** Природа моделей визначає їх склад. За цією ознакою можна виділити два основні класи моделей – *предметні (реальні)* та *знакові (абстрактні)*.

*Предметні моделі* – це фізичні тіла або системи. Моделюючі функції предметна модель реалізує власною структурою (форма, матеріал) та (або) процесами, які відбуваються в ній. Деякі моделі з цього класу створені природою (*природні*), інші – людиною (*штучні*). Для повноти класифікації також вводять проміжний клас між природними та штучними моделями – *змішані* (економічні, біотехнічні, організаційні, автоматизовані).

*Природні моделі* поділяються у свою чергу на: *живі, неживі, екологічні, соціальні* – це тварини, рослини, віруси, мікроби, люди. Такі моделі широко використовуються медиками та біологами. Один з найбільш відомих прикладів моделі такого типу – муха-дрозофіла, за допомогою якої вивчалися та вивчаються механізми передачі спадковості. Численні явища спадковості, виявлені у дрозоді, дозволили пояснити аналогічні явища в значно більш складних організмах. Ще

один приклад використання ссавців (мишей, морських свинок, собак) як моделей організму людини при вивченні тих чи інших проблем фізіології.

**Штучні** предметні моделі – це *натурні* та *аналогові* моделі.

Моделі, які нагадують реальну систему – макети в натуральну величину (космічні системи, невеликі літаки) або зменшені в певному масштабі (глобус як модель земної кулі, макет жилого мікрорайону) – належать до **натурних**. Натурне моделювання може також реалізовуватися й на частинах реальної системи (відпрацювання моделі управління на окремих підприємствах фірми в вигляді експерименту) та на цілій системі. Характерним для цього випадку є обмежені властивості експериментування.

В *аналогових* моделях властивість реальної системи представляється деякою іншою властивістю аналогічної за поведінкою моделі. Так, вплив сили тертя в маятнику може бути змодельований опором в аналогічній електричній схемі.

В **знакових** (символічних, абстрактних) моделях для представлення моделі використовуються символи, а не фізичні пристрої. Знакові моделі можна підрозділити на *мовні*, в яких система описується за допомогою формалізованої або напівформалізованої мови, та *математичні*, в яких поведінка об'єкта, що моделюється, та зв'язки між його елементами описуються засобами математики. Досліджує знакові моделі спеціальна область знань – семіотика.

**Математичні** моделі розглядаються двох основних типів – *аналітичні* та *імітаційні*.

**Аналітичні** моделі описують функціонування системи у вигляді певних функціональних залежностей та (або) логічних співвідношень. Приклади таких моделей – система алгебраїчних рівнянь, що описує міжгалузевий баланс народного господарства; система диференціальних рівнянь, яка описує процеси перерозподілу енергії в електроенергетичних мережах. Отримати розв'язок на аналітичній моделі можна декількома шляхами – *якісним*, оцінюючи області стійкості системи; *чисельним*, розв'язуючи систему рівнянь для певних конкретних умов при визначених вхідних діях; *аналітичним*, якщо є можливість в явному вигляді отримати залежність «вихід – вхід» у вигляді аналітичної залежності.

**Імітаційна** модель відтворює процес функціонування системи в часі шляхом моделювання елементарних явищ в системі, обміну сигналами між елементами системи, формування вихідних сигналів та зміни станів елементів. Імітаційні моделі дозволяють врахувати такі різноманітні властивості елементів системи, як неперервність та дискретність, детермінізм та стохастичність, лінійність та нелінійність. При дослідженні складних систем імітаційне моделювання в багатьох випадках є єдиним практичним методом отримання інформації про поведінку системи.

### **Питання для самоперевірки:**

1. Дайте визначення поняття «модель».
2. Дайте визначення поняття «моделювання».
3. У чому полягає головна мета математичного моделювання систем?
4. Для чого застосовують моделі при дослідженні систем?
5. Які ви знаєте методи моделювання систем?
6. Наведіть приклади моделей систем різноманітної природи.
7. Особливості аналітичних моделей.
8. Чим відрізняються аналогові та натурні моделі?

## ТЕМА 8 СИСТЕМНО-МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ МОДЕЛЮВАННЯ

### 8.1 Абстрагування при описуванні систем

Складну систему, як правило, неможливо «охопити» повністю та детально описати, що на практиці не завжди необхідно. Основна проблема при описуванні систем полягає у тому, що доводиться знаходити компроміс між простотою описування та необхідністю врахування численних факторів і характеристик складної системи. Як правило, цю проблему вирішують через ієрархічне описування системи, тобто система описується не однією моделлю, а кількома чи сімейством моделей, кожна з яких описує поведінку системи з погляду різних рівнів абстрагування. Для кожного рівня ієрархії існує ряд характерних особливостей і змінних, законів і принципів, за допомогою яких описується поведінка системи. Для того, щоб таке ієрархічне описування було ефективним, необхідна якомога більша кількість незалежних моделей для різних рівнів системи, хоча кожна модель має певні зв'язки з іншими.

Процес поділу системи на рівні, що характеризують технологічні, інформаційні, економічні та інші аспекти її функціонування, називають *стратифікацією* системи, а самі рівні – *стратами*. На кожній страті в ієрархії структур є свій власний набір змінних, які дають змогу значною мірою обмежитись лише дослідженням одного аспекту системи, однієї страти. Незалежність страт дає можливість глибше та детальніше досліджувати системи, хоча припущення про їх незалежність може призвести до неповного розуміння поведінки системи в цілому.

*Приклади. 1.* Виробничий комплекс (рис. 8.1). Цей комплекс моделюється ж як правило, на трьох стратах: на виробничому рівні (фізичні процеси оброблення та перетворення енергії), на рівні управління та оброблення інформації, на економічному рівні виробництва з погляду продуктивності та прибутковості. Для кожного з цих трьох аспектів системи існує своя мова описування, свої моделі, хоч! система залишається тією самою.

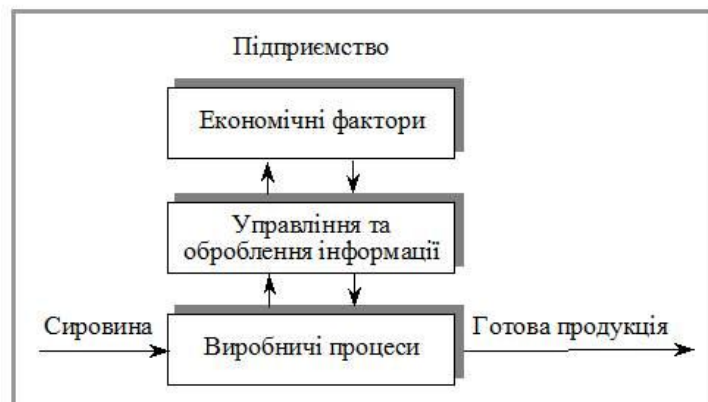


Рисунок 8.1 – Стратифіковане зображення підприємства

Загальні властивості стратифікованого описування систем можна сформулювати так:

- вибір страт, у термінах яких описується система, залежить від спостерігача (дослідника), його знань та мети дослідження;
- аспекти функціонування системи на різних стратах у загальному випадку незалежні між собою, тому принципи та закони, що використовуються

для характеристики системи на довільній страті, в загальному випадку не можна вивести із принципів та законів, які використовуються в інших стратах;

– для кожної страти існує своя мова описування, набір термінів, концепцій та принципів.

## 8.2 Рівні дослідження систем

Головними рівнями дослідження систем є мікроскопічний та макроскопічний. **Мікроскопічне** дослідження системи пов'язане із детальним описуванням кожного компонента системи, дослідженням їх структури, функцій, взаємозв'язків, структури системи в цілому тощо. Практична реалізація найважливішого етапу мікропідходу – виявлення елементів системи та взаємозв'язків між ними, пов'язана із необхідністю подолання суперечності між бажанням повного дослідження кожної з підсистем і елементів системи та реальною можливістю дослідити при цьому структуру системи в цілому і принципи її функціонування.

**Макроскопічне** дослідження полягає в ігноруванні детальної структури системи та вивченні тільки загальної поведінки системи як єдиного цілого. Метою тут є побудова моделі системи через дослідження її взаємодії із зовнішнім середовищем (моделі типу «вхід – вихід», або «чорний ящик»).

**Модель «чорного ящика».** Найпростішою моделлю системи є так звана модель «чорного ящика» (рис. 8.2), в якій акцент робиться на призначенні та поведінці системи, а про її будову є тільки опосередкована інформація, що відображається у зв'язках із зовнішнім середовищем. Зв'язки з середовищем, що йдуть у систему (входи), дають можливість впливати на неї, використовувати її як засіб, а зв'язки, що йдуть із системи (виходи), є результатами її функціонування, які або впливають на зміни у середовищі, або споживаються зовні системи.

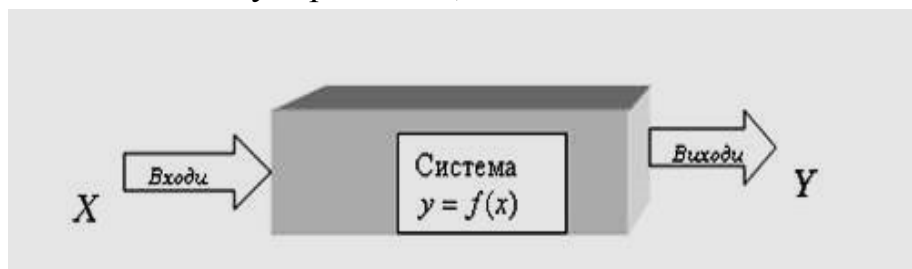


Рисунок 8.2 – Модель «чорного ящика»

Як «чорний ящик» розглядаються об'єкти дослідження, внутрішня структура яких невідома або не береться до уваги. Іноді достатньо змістовного опису входів та виходів системи. З такими моделями людина досить часто має справу у повсякденному житті: наприклад, для керування автомобілем або роботи за комп'ютером не обов'язково досконало знати їх внутрішню будову.

Метод описування систем за допомогою «чорного ящика» полягає у знаходженні взаємозв'язків між входами та виходами системи. Спостерігаючи достатньо довго за входами та виходами такої системи, тобто маючи вектори спостережень  $X = (x_1, \dots, x_n)$  та  $Y = (y_1, \dots, y_m)$ , можна досягти такого рівня знань про її властивості, який уможливить передбачення змін у вихідних компонентах при будь-якій зміні вхідних, тобто можна знайти відображення.

Для досягнення цієї мети будують спеціальні математичні моделі, що базуються на початковій моделі «чорного ящика». Найчастіше для цього застосовують методи *регресійного аналізу, математичної статистики і планування експерименту*.

Необхідно зауважити, що дослідження системи методом «чорного ящика» принципово не може дати однозначної інформації про її структуру, бо однакову поведінку можуть мати різні системи.

### Моделі складу та структури системи

Безперечно, що за допомогою тільки моделі «чорного ящика» неможливо вивчити внутрішню структуру системи. Для детальнішого опису систем використовують *моделі складу та моделі структури*. Модель складу системи відображає, із яких елементів та підсистем складається система, а модель структури застосовується для відображення відношень між елементами та зв'язків між ними. Схематичні приклади зображені на рисунку 8.3 та в таблиці 8.1

З першого погляду здається, що описати склад системи є простим завданням. Проте, якщо різним експертам дати завдання побудувати модель складу однієї системи, то їхні результати можуть суттєво відрізнятись. Так, наприклад, університет з погляду його ректора, головного бухгалтера та начальника служби охорони буде складатися із різних підсистем.

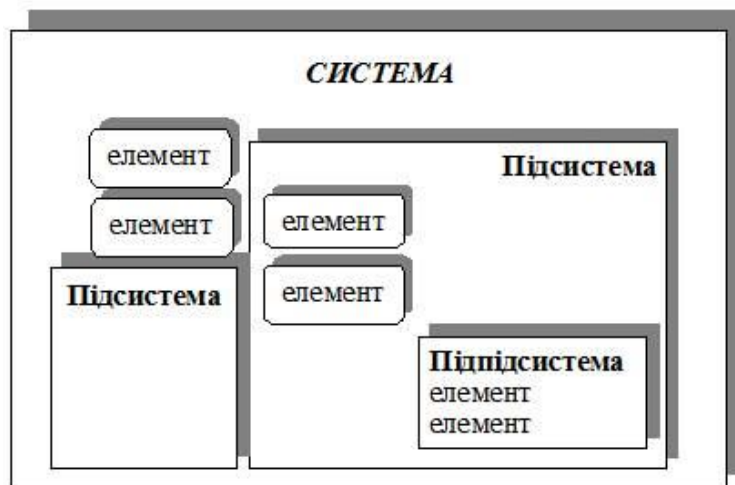


Рисунок 8.3 – Графічне зображення моделі складу системи

Таблиця 8.1 – Табличне зображення моделі складу системи

Система	Підсистеми	Елементи
Комп'ютер	Управління обчислювальним процесом	Процесор, контролери
	Введення – виведення інформації	Монітор, клавіатура, принтер, миша, дисковод тощо.
	Зберігання інформації	Оперативна пам'ять, жорсткий диск
	Програмного забезпечення	Операційна система, прикладні програми тощо

Головна складність при побудові моделі складу полягає у тому, що поділ цілої системи на частини є відносним, залежним від мети дослідження (це стосується також визначення меж системи). Крім того, відносним є поняття елемента – те, що з одного погляду є елементом, з іншого може бути підсистемою.

Черговим кроком у розвитку моделі системи є модель структури, яка описує суттєві зв'язки між елементами (компонентами моделі складу). На графічних моделях будову систем зображують у вигляді структурних схем. Структурні схеми наглядні та містять інформацію про велику кількість властивостей системи. На рис. 8.4 зображена типова ієрархічна структура (на прикладі структури університету з трьома першими рівнями ієрархії).

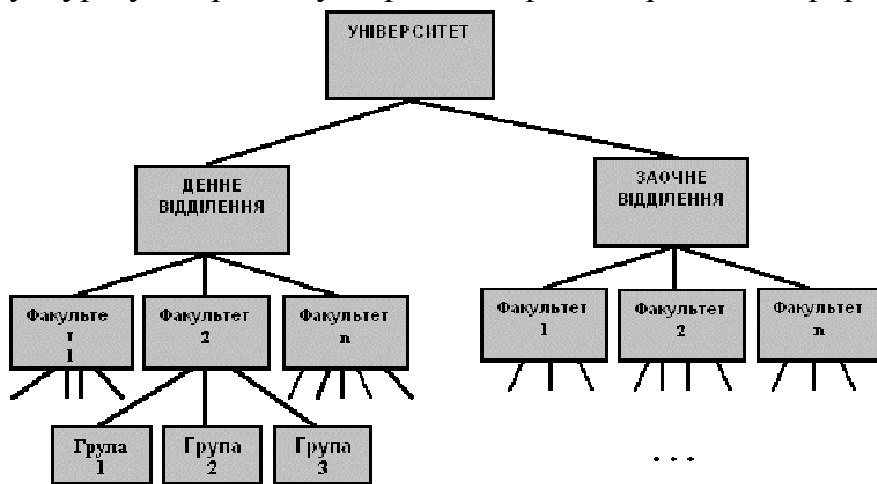


Рисунок 8.4 – Структура університету(перші три рівні ієрархії).

### 8.3 Принципи та основні етапи побудови математичних моделей систем

Як було зазначено вище, при побудові моделі системи взагалі та її математичної моделі зокрема необхідне досягнення компромісу між намаганням одержати достатньо повне описання системи та досягненням необхідних результатів у якомога простіший спосіб. Такий компроміс досягається, як правило, за допомогою побудови системи моделей, починаючи з найпростіших та поступово ускладнюючи їх. Прості моделі дають змогу глибше з'ясувати досліджувану систему (чи проблемну ситуацію). Ускладнення моделі введенням додаткових факторів та зв'язків уможлиблює виявлення точнішої функціональної залежності між елементами системи та її взаємодії із зовнішнім середовищем.

Складні системи потребують розроблення цілої ієрархії моделей, що відображають різні їх властивості.

**Розглянемо загальні вимоги, які має задовольняти побудована тематична модель.**

*Модель має бути адекватною.* Цей принцип передбачає відповідність моделі поставленій меті дослідження. Математична модель будується для розв'язання певного класу задач, тому має описувати ті аспекти системи, що є найважливішими для дослідника.

*Необхідно абстрагуватись від другорядних деталей та факторів.* Модель має описувати лише найсуттєвіші (з погляду дослідника) властивості оригіналу та має бути простішою за нього. Тому при побудові моделі намагаються досягти її спрощення, зберігаючи при цьому суттєві властивості досліджуваної системи.

*Необхідне досягнення компромісу між бажаною точністю результатів моделювання та складністю моделі.* Оскільки моделі мають наближений характер (щодо відповідності оригіналу), то постає питання відносно достатньої точності такого наближення. З одного боку, для точнішого описування системи

необхідна подальша деталізація та ускладнення моделі, а з іншого – це призводить до того, що складність самої моделі наближається до складності оригіналу, що спричиняє виникнення труднощі при знаходженні розв’язків за моделлю. Тому на практиці необхідно знаходити компроміс між цими суперечливими вимогами.

У загальному випадку *процес побудови математичної моделі* системи складається з таких етапів.

**1. Змістовне описування об’єкта моделювання.** На цьому етапі необхідно сформулювати сутність проблеми з позиції системного підходу. Для цього необхідно виявити найсуттєвіші риси та властивості об’єкта моделювання, дослідити взаємозв’язки між елементами та його структуру, можливі стани елементів та співвідношення між ними, хоча б наближено визначити гіпотези щодо факторів, які обумовлюють стан та розвиток системи. Таке описування системи називають *концептуальною моделлю*.

**2. Побудова математичної моделі.** Цей етап полягає у формалізації концептуальної моделі, тобто в поданні її у вигляді певних математичних залежностей (функцій, рівнянь, нерівностей, тотожностей тощо). Для цього необхідно, передусім, визначити тип економіко-математичної моделі, дослідити можливість її застосування до поставленого практичного завдання, уточнити перелік відібраних для моделювання факторів та типи взаємозв’язків між ними. Потім визначають систему критеріїв, обмежень та значення керованих параметрів, у разі необхідності будують цільову функцію.

У разі неможливості одержання розв’язку доводиться переглядати модель та здійснювати певні спрощення, наприклад, робити заміну нелінійних залежностей лінійними, стохастичних – детермінованими, виключати певні фактори з моделі, поділяв модель на підмоделі тощо.

**3. Підготовка інформаційної бази моделювання та чисельна реалізація моделі.** На цьому етапі здійснюється збір наявної інформації та її аналіз, що полягає не тільки в принциповій можливості одержання інформації необхідної якості, а й в аналізі витрат на підготовку або придбання інформаційних масивів.

Чисельна реалізація моделі полягає в розробленні алгоритмів, виборі пакетів прикладних програм або розробленні власних програмних засобів та безпосередньому проведенні обчислень.

**4. Перевірка адекватності моделі.** Аналіз чисельних результатів уможливорює вирішення питання про ступінь відповідності моделі реальній системі чи явищу (за тими властивостями системи, що були обрані як суттєві). За результатами перевірки моделі на адекватність приймається рішення щодо можливості її практичного застосування, напрямків її корекції.

При корегуванні моделі можуть уточнюватись суттєві параметри та обмеження, здійснюється оптимізація моделі, що полягає в її спрощенні за умови збереження заданого рівня адекватності.

**5. Застосування моделі.** Застосування результатів моделювання в економіці спрямоване на розв’язання практичних завдань, зокрема, аналізу економічних об’єктів, економічного прогнозування, розроблення управлінських рішень тощо.



Необхідно зауважити, що процес моделювання має, як правило, ітеративний характер. На будь-якому з етапів можна повернутись до попередніх, оскільки може статися, що модель виявиться надто складною або суперечливою, бракує необхідної для моделювання інформації чи витрати на її придбання надто великі, модель може виявитись неадекватною та суперечити практичному досвіду або нас може не задовольняти її точність тощо.

### ***Питання для самоперевірки:***

1. У чому полягає відмінність між макроскопічним та мікроскопічним моделюванням?
2. Що являє собою модель «чорного ящика» і для чого її використовують?
3. Які ви знаєте методи моделювання систем?
4. Чим відрізняються моделі складу та моделі структури системи?
5. Побудуйте модель складу та модель структури для певного підприємства чи організації.
6. Назвіть основні етапи математичного моделювання систем.
7. Назвіть загальні властивості стратифікованого описування систем.

## **ТЕМА 9 МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНКИ РИЗИКУ**

### **9.1 Визначення поняття ризику**

Головною проблемою наукового визначення поняття «ризик» є його комплексний характер, що вимагає залучення широкого кола вчених — представників багатьох дисциплін. Саме тут вимагається застосування методів системного аналізу, врахування всіх факторів, що сприяють виникненню критичних ситуацій, і аналізу всіх наслідків, до яких вони можуть призвести. Переважна більшість фахівців з природних і техногенних небезпек визначають ризик, використовуючи з цією метою розробку У. Роуї.

Схема аналізу ризику включає широкий спектр взаємопов'язаних проблем і різних етапів: ідентифікація факторів ризику, оцінка ризику, управління ризиком.

Таблиця 9.1 Визначення терміну «Ризик», що існують в науковій літературі

<b>Термін «Ризик»</b>	<b>Автори</b>
<i>Ризик</i> – це усвідомлена небезпека виникнення в будь-якій системі небажаної події з певними в часі та просторі наслідками	А. Рагозін
<i>Ризик</i> – це частота реалізації «небезпеки»	В.Маршалл
<i>Ризик</i> – це ймовірність несприятливих наслідків (індивідуальний ризик захворіти на рак печінки – це ймовірність того, що він викликати страждання протягом життя)	Дж. Фіксел
<i>Ризик</i> – це величина, що визначається як добуток величини події на міру її можливості	Е.Мушик, П.Мюлер
<i>Ризик</i> – ймовірність втрат, що можуть бути встановлені перемноженням ймовірності (частоти) негативної події на величину можливого збитку від неї	У. Роуї
<i>Ризик</i> – це ймовірнісна міра можливості реалізації небезпеки у вигляді певного збитку в штучно створеній діями суб'єкту ситуації	Є.С. Дзекцер

## 9.2 Ідентифікація факторів ризику

Першим кроком оцінки ризику є виявлення найбільш серйозних джерел небезпеки (факторів ризику) та їх ранжування з метою визначення реальної загрози для людини та навколишнього середовища на основі побудови карт ризику; визначення порогів стійкості технічних і екологічних систем; використання імітаційного моделювання. Тут велику роль відіграють наукові дослідження.

Для ідентифікації небезпеки важливі прийоми апробації, відбору, моделювання поведінки різних хімічних сполук у середовищі, моніторингу та діагностики. При цьому першим постає питання – що являє собою ця небезпека, а при розрахунку ризику – яка його величина? Як правило, при характеристиці причин техногенних або екологічних катастроф виділяють фактори технічного, технологічного й організаційного характеру. Особлива увага приділяється людському фактору. Однак проблему ідентифікації факторів ризику слід розробити глибше. Причини катастроф варто шукати не тільки на мікро-, а й на макрорівні, аналізуючи весь комплекс протиріч, які виникають у народному господарстві та пов'язані з глибокою кризою в економіці, що супроводжується кризою практично в усіх сферах життя суспільства – екологічній, політичній, соціальній і духовній.

## 9.3 Оцінка ризику

Для оцінки ризику насамперед необхідно конкретизувати саме поняття «ризик.» Під оцінкою ризику ми розуміємо комплекс дій, спрямованих не лише на оцінку, а й аналіз та ідентифікацію механізмів виникнення явищ, які виявляють сильний вплив на спосіб життя та стан здоров'я людини, з метою запобігання відхиленням, загрозам, шкоді, втратам тощо або протидії їх виникненню. Формальний опис ризику, як уже зазначалося, спирається на теоретико-імовірний підхід.

В оцінці ризику можна виділити чотири основних напрямки. Перший – *інженерний*. Як правило, цей підхід є розрахунком імовірностей аварій. Основні зусилля спрямовуються на збір статистичних даних про аварії та пов'язані з ними викиди токсичних сполук у навколишнє середовище.

Другий – *модельний*. Розробляються математичні моделі процесів, які призводять до небажаних наслідків для людини та навколишнього середовища при використанні шкідливих хімічних сполук.

Третій – *експертний*. При використанні перших двох підходів для оцінки ризику часто зустрічаються випадки, коли недостатньо статистичних даних або не зовсім зрозумілі деякі принципові залежності. Тоді єдине джерело даних – експерти. Перед ними ставиться завдання ймовірнісної оцінки тих чи інших подій, пов'язаних із аналізом ризику.

Четвертий – *соціологічний*. За допомогою цього методу визначають сприйняття населенням і його окремими групами того чи іншого ризику. Широко відомі дослідження, в яких визначалась оцінка ризику для різних видів діяльності, що давалася людьми під час соціологічного опитування. Були виявлені цікаві явища. Наприклад, люди віддають перевагу добровільному ризику (наприклад, альпінізм, куріння) перед примусовим. Охочіше йдуть на ризик, якщо вони можуть на нього впливати.

Розглядаючи всі чотири підходи до оцінки ризику, слід зауважити, що вони мають різні галузі застосування та не позбавлені недоліків.

**Оцінка ризику**, тобто прогнозування технологічних і екологічних катастроф у регіонах, – ключова ланка визначення рівня екологічної безпеки. Попередня робота в цьому напрямку має ряд переваг порівняно з іншими методами оцінки безпеки держави. По-перше, цілком реально отримати кількісну оцінку очікуваного збитку; по-друге, є можливість порівняти та врахувати ризик від усіх можливих факторів, а також дати комплексну оцінку ризику.

#### 9.4 Управління ризиком

Стратегія управління ризиком може ґрунтуватися на виборі рівня ризику в межах від мінімального (який вважається досить малим) до максимально допустимого. Так, у Нідерландах при плануванні промислової діяльності, разом із географічними, економічними та політичними картами, використовуються й карти ризику для території країни. Щоб побудувати промислове підприємство та ввести його в експлуатацію, конструкторам необхідно кількісно визначити рівень ризику від його експлуатації і обґрунтувати його прийнятність. При ліцензуванні нового підприємства додатково вимагається *карта ризику району*, де розташовується це підприємство. На цій карті мають бути показані замкнуті лінії однакового ризику, кожна з яких відповідає числовим значенням ймовірності смерті індивідуума протягом року:  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-7}$ . Таким чином, мінімізується збиток і досягається компроміс між необхідністю витрат на підвищення екологічної безпеки й очікуваною вигодою.

*Основою для побудови карт ризику* має бути аналіз спільного прояву в просторі та часі екзо- і ендегенних катастрофічних процесів і картографування окремих видів небезпек. При цьому необхідно вивчати природні й антропогенні фактори ризику з урахуванням стійкості території, поєднуючи геологічні та екологічні карти. В міру накопичення інформації прийняті в перших варіантах карт ризику якісні характеристики можуть бути перетворені в кількісні. *Кінцевий результат побудови карт ризику* – його оцінка та виділення на картах природного потенціалу, тобто здатності ландшафту даної території до самовідновлення після антропогенного чи стихійного лиха.

Виходячи з концепції ризику можна запропонувати декілька стратегій управління екологічною безпекою:

- запобігання причинам виникнення катастроф аж до відмови від продукції небезпечних виробництв, закриття аварійних об'єктів і т. ін.;
- запобігання виникненню надзвичайних ситуацій у випадку, коли неможливо відвернути причини катастроф (будівництво захисних поруд, дамб, створення підземної економіки, завчасна евакуація населення тощо);
- пом'якшення наслідків катастроф, впровадження стабілізаційних і компенсаційних заходів.

Найбільш придатною, з точки зору головної мети управління безпекою навколишнього середовища, є мінімізація ризику, тобто реалізація першої та другої стратегій. Однак на практиці це не завжди можливо. Найбільш ймовірним є поєднання всіх трьох видів стратегій.

В основі стратегії управління екологічною безпекою має бути концепція ненульового ризику. Вона визнає факт недосяжності абсолютної безпеки. Існуюча донедавна концепція нульового ризику завдала значного збитку народному господарству, здоров'ю людей, навколишньому середовищу України. Чорнобильська аварія довела помилковість даної концепції.

Концепція ненульового ризику вимагає не тільки вивчення факторів і джерел підвищеного ризику, а й передбачення ходу подій, оцінки наслідків природних і технологічних катастроф. Знаючи ймовірність таких катастроф і очікувану величину втрат, можна уникнути в ряді випадків важких катастроф, знаходячи альтернативні рішення, послабити їх силу, передбачити ефективні компенсаційні механізми. Розробка нормативних актів – законів, постанов, інструкцій сприяє реалізації намічених заходів щодо екологічної безпеки та є необхідним правовим елементом управління, який сприяє зниженню ризику.

#### ***Питання для самоперевірки:***

1. Дайте визначення терміну «ризик».
2. Що являє собою модель ідентифікація факторів ризику?
3. Як відбувається оцінка ризику?
4. Як відбувається управління ризиком?
5. Охарактеризуйте концепцію ненульового ризику.

## **ТЕМА 10 ПРИНЦИП ОЦІНОК ВПЛИВУ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ. НАЦІОНАЛЬНА ПРОЦЕДУРА ОВДС.**

### **10.1 Принципи оцінок впливу господарської діяльності на навколишнє середовище**

Оцінка впливу запланованої та запроектованої діяльності на навколишнє середовище, так само як і екологічне обґрунтування інвестиційних проектів - важливі ланки екологічного проектування об'єктів. Розрізняють оцінку впливу певного виду господарської діяльності як дослідження змін у навколишньому середовищі, тобто аналіз ланцюжка (вплив – зміни – наслідки), оцінку впливу запланованої та запроектованої діяльності на навколишнє середовище в передпроектах і проектах – як розділ екологічного проектування (ОВДС) та оцінку впливу на навколишнє середовище реальних (діючих) виробництв, яка позначається терміном «**екологічний аудит**».

Основний принцип загальний для ОВДС та для екологічної експертизи, – **презумпція потенційної екологічної небезпеки будь-якого виду господарської діяльності**. Передбачається, що будь-яка господарська діяльність приховує у собі ту чи іншу ступінь екологічної небезпеки. Її здійснення веде до наслідків, які необхідно оцінювати, причому ініціатор діяльності зобов'язаний надати вагомі докази екологічної безпеки запланованої ним діяльності (відповідно до діючих екологічних стандартів і нормативів).

**Принцип превентивності** означає, що оцінка впливу проводиться до прийняття основних рішень щодо реалізації запланованої діяльності, а також,

що її результати використовуються при виробленні та прийнятті рішень. Суть цього принципу – недопущення (попередження) несприятливих впливів на навколишнє середовище і пов'язаних з ними соціальних та економічних наслідків, викликаних реалізацією проекту.

Більш розширене розуміння **превентивності**, це коли екологічні оцінки повинні проводитися не тільки до прийняття рішення про можливість здійснення намічуваної діяльності (наприклад, видачі відповідного дозволу), але і до прийняття найважливіших проектних рішень. Нарешті, послідовна реалізація принципу превентивності призводить до необхідності стратегічної екологічної оцінки, предметом якої є рішення більш високого рівня, що передують плануванню та проектуванню.

**Принцип альтернатив** полягає у виявленні та аналізі альтернативних варіантів досягнення цілей запланованої діяльності, включаючи і нульовий варіант (відмова від діяльності). Розгляд і порівняння декількох альтернатив досягнення мети запланованої діяльності та альтернативних варіантів її здійснення забезпечують прийняття вірних рішень, обумовлених результатами екологічних оцінок.

**Принцип демократичності (гласності)** передбачає визнання за всіма сторонами суспільства, інтереси яких зачіпає діяльність, що планується, прав на безпосередню участь у рішеннях проекту.

Крім того, при проведенні ОВДС керуються принципами комплексності:

- **інтеграції** – комплексний розгляд питань впливу на природу, господарства та населення на всіх стадіях процесу підготовки документів;
- **альтернативності** – оцінка впливів не може проводитися лише по одному взятому варіанту проекту;
- **пріоритетності** – ніякі міркування не повинні служити підставою для ігнорування екологічних наслідків реалізації проектів;
- **достовірності** – ступінь деталізації при проведенні ОВДС не повинен бути нижчим від того, який визначається екологічною значимістю впливу на природу, населення і господарство;
- **збереження** – планована діяльність не повинна призводити до зменшення екологічного різноманіття, зниженню біопродуктивності та біомаси територій і акваторій, а також до погіршення життєво важливих властивостей природних комплексів біосфери;
- **сумісності** – планована діяльність не повинна погіршувати якість життя населення і наносити некомпенсовану шкоду іншим видам діяльності. *Соціальна сумісність* (естетична, культурна, релігійна) визначається впливом на соціально-психологічні механізми відповідності етнічному стереотипу, національних цінностей, установок;
- **гнучкості** – процес ОВДС може змінюватись за масштабами, глибиною та системою оцінювання в залежності від характеру запланованої діяльності.

**Процедурні моменти ОВДС.** В ОВДС, як процедурі вироблення екологічних вимог до проектування і прийняття рішень, беруть участь інвестор-замовник, виконавець робіт з оцінки впливу і громадськість. Дії кожного з учасників процедур регламентовані.

*Замовник* – юридична або фізична особа, що відповідає за підготовку документації щодо запланованої діяльності згідно з нормативними вимогами, що пред'являються до даного виду діяльності, і представляє документацію щодо запланованої діяльності на екологічну експертизу.

*Виконавець робіт з оцінки впливу на навколишнє середовище* – фізична або юридична особа, яка здійснює проведення оцінки впливу на навколишнє середовище, якій замовник надав право на проведення робіт з оцінки впливу на навколишнє середовище. Виконавець проводить дослідження з оцінки впливу – збір і аналіз інформації, необхідної для здійснення оцінки впливу, і готує матеріали з оцінки впливу – комплект документів, розроблених при проведенні оцінки впливу, які подаються на експертизу.

Виконавець відповідає за повноту і достовірність оцінок, їх відповідність екологічним нормативам і стандартам. Він також планує проведення досліджень, готує технічне завдання (ТЗ) на ОВДС і, при необхідності, розробляє програму екологічного моніторингу та контролю.

Результатом ТЗ на ОВДС є *попередній варіант матеріалів з оцінки впливу*, з яким замовник знайомить громадськість. Після аналізу зауважень громадськості та результатів громадських слухань виконавець готує остаточний варіант матеріалів з оцінки впливу. Остаточний варіант ОВДС подається на державну екологічну експертизу у складі іншої передпроектної та проектної документації. Можливо також проведення громадської екологічної експертизи.

Третій учасник ОВДС – *громадськість* регіону. Він може включатися в процедурний процес на етапі подання первісної інформації та на етапах проведення ОВДС, а також брати участь у громадських слуханнях, громадських обговореннях.

**Громадські обговорення** – слухання, спрямовані на інформування громадськості щодо запланованої діяльності та її наслідках для навколишнього середовища з метою виявлення громадських думок і їх врахування при прийнятті рішень.

**Участь громадськості в процесі оцінки впливу на навколишнє середовище.** Участь громадськості у підготовці та обговоренні матеріалів ОВДС організовується місцевим самоврядуванням і забезпечується замовником.

Порядок проведення громадських слухань визначається виконавчою владою за погодженням з громадськістю, все протоколюється. У протоколі громадських слухань чітко фіксуються основні питання обговорення, конфлікти, він підписується всіма учасниками громадських слухань і входить в якості Додатку в остаточний варіант «Матеріалів ОВНС».

Дослідження з оцінки впливу на навколишнє середовище запланованої господарської та іншої діяльності включають:

- 1) визначення характеристик запланованої господарської та іншої діяльності і можливих альтернатив (у тому числі відмова від діяльності);
- 2) аналіз стану території в межах географічного охоплення ОВНС (стан природного середовища, наявність та характер антропогенного навантаження, екологічна ситуація тощо);
- 3) виявлення можливих впливів намічуваної господарської та іншої діяльності (ймовірності виникнення ризику, ступеня, характеру, масштабу, зони

поширення впливів, а також прогнозування екологічних та пов'язаних з ними соціальних і економічних наслідків);

4) оцінку значущості залишкових впливів на навколишнє середовище та їх наслідків;

5) визначення заходів, що зменшують, пом'якшують або запобігають негативному впливу, оцінка їх ефективності та можливості реалізації;

6) порівняння з очікуваним екологічним і пов'язаних з ним соціально-економічних наслідків альтернатив, що розглядаються, в тому числі варіанту відмови від діяльності, обґрунтування варіанту, запропонованого для реалізації;

7) розроблення пропозицій за програмою екологічного моніторингу і контролю на всіх етапах реалізації запланованої господарської та іншої діяльності;

8) розроблення рекомендацій щодо проведення післяпроектного аналізу реалізації запланованої господарської та іншої діяльності.

Результати дослідження оформляються у вигляді попереднього варіанту Матеріалів з оцінки впливу на навколишнє середовище запланованої господарської та іншої діяльності (включаючи короткий виклад для неспеціалістів).

В даний час впроваджується принципово новий підхід до участі громадськості в ОВНС. Основна відповідальність за забезпечення інформування громадськості та організацію громадської участі при цьому несе замовник, хоча певні функції покладаються на місцеві органи влади.

Становленню національної процедури ОВДС сприяє нове Положення про оцінку впливу, який максимально зближує нормативну основу ОВДС та екологічну експертизу. Оцінка впливу і екологічна експертиза розглядаються як частина єдиної національної процедури оцінки впливу.

#### **Результатами оцінки впливу на навколишнє середовище є:**

- інформація про характер і масштаби впливу на навколишнє середовище запланованої діяльності, її альтернативи реалізації, оцінка екологічних і пов'язаних з ними соціально-економічних та інших наслідків, їх значущість та можливості мінімізації;

- виявлення і врахування громадських переваг при прийнятті замовником рішень, що стосуються запланованої діяльності;

- рішення замовника щодо визначення альтернативних варіантів реалізації запланованої діяльності (в тому числі про місце розміщення об'єкта, про вибір технологій та інші) або відмови від неї, з урахуванням результатів проведеної оцінки впливу на навколишнє середовище.

### **10.2 Методи прогнозування**

Дослідження впливу господарської діяльності, що проектується, визначається типом впливу і природними умовами регіону розміщення. Послідовність дослідження така: характеристика природних умов району будівництва (нерідко спеціалізована), виокремлення об'єкта на базі концепції геотехнічних систем; визначення механізмів зв'язку; речовинних, енергетичних та інформаційних потоків; меж сфери впливу. Важливе значення має обґрунтування вибору параметрів господарської діяльності, природного середовища, методів, систем прогнозування та оцінювання.

На етапі створення ОВДС об'єктів, що проектуються, на перший план виступає **прогнозування** – це процес отримання даних про можливий стан досліджуваного об'єкта і природно-антропогенних ландшафтів у зоні його впливу на заданий період часу. **Прогноз** – результат прогнозних досліджень. ОВДС включає не тільки фізико-географічний, але й інженерно-геологічний, економічний, соціальний прогнози.

**Методи прогнозування** поділяються на інтуїтивні (експертні) та формалізовані (фактографічні). *Експертні оцінки* застосовуються у разі, якщо про об'єкт оцінювання немає достовірних відомостей і невідомі кількісні залежності між прогнозованими процесами і явищами. Експертні оцінки застосовують при побудові ранжованих шкал оцінок впливу, вони можуть бути якісними або кількісними, вплив вибудовується по мірі спадання або зростання і виявляються супутні його стану компоненти ландшафтів, соціуму та інших видів діяльності і т. д. Експертні оцінки широко застосовують при аналізі альтернативних рішень, визначення невизначеності екологічного ризику і віддалених наслідків впливу.

Серед прогнозних методів зазначимо екстраполяцію і метод прогнозування за аналогіями. *Екстраполяція* застосовується при наявності статистичних рядів (просторово-тимчасових рядів).

*Прогнозування за аналогією* передбачає екстраполяцію закономірностей, знайдених на існуючих об'єктах та на об'єктах, що проектуються, за умов подібності природних умов двох районів і технології виробництва.

*Прогнозування за аналогією дозволяє:*

- 1) визначити розміри зон і поясів впливу технічної споруди на окремі компоненти природно-технологічного комплексу і на природні комплекси в цілому;
- 2) окреслити основні тенденції у зміні окремих компонентів природи за сезонами року і в залежності від специфіки функціонування технічного об'єкта;
- 3) виявити часові стадії розвитку процесу впливу. Це в свою чергу створює основу для проведення оцінки (природної, екологічної, економічної, технологічної, соціальної) наслідків.

### **Матричний метод оцінок впливу**

Розрізняють, як мінімум, п'ять основних взаємодоповнюючих методів проведення ОВДС. До числа поширених відносяться системи вимірюваних природних параметрів (характеристик). Причинно-наслідкові зв'язки між можливими впливами на об'єкти встановлюються матричним методом. Широко поширений метод сполученого аналізу карт, що дозволяє визначати і демонструвати масштаби поширення впливу. Добре зарекомендувала себе система потокових діаграм, яка описує природні системи як складні структури масообміну. Використовується метод імітаційного моделювання. Метод експертних груп, незважаючи на його недоліки (суб'єктивність оцінок тощо), служить для визначення граничних параметрів впливу і використовується для побудови ранжованих шкал оцінок впливу і різного роду матриць.

При застосуванні **матричного методу** оцінки впливу об'єктів на природне середовище використовують різні типи матриць:

1. Переліки типів впливів, *прості контрольні списки*.



2. Списки об'єктів, що зазнають впливу і змінюються під впливом, прості контрольні списки.

3. Найпростіші причинно-наслідкові матриці, встановлюють взаємодію типів впливу та об'єктів, що зазнають їх.

4. Складні матриці екологічних наслідків господарської діяльності і зворотних реакцій.

Переліки типів впливу, або списки компонентів природного середовища, що змінюються під впливом, служать основою простих і складних контрольних листів. На базі контрольних листів геологічною службою США був розроблений ряд причинно-наслідкових матриць, зокрема відома *матриця Л. Леопольда*, призначена для оцінки впливу найрізноманітніших проектів, яка дає наочне уявлення про структуру взаємодій. Проте вона виявляє лише первинні зміни в природі і не дозволяє прослідкувати весь ланцюг складних взаємодій. У рядках матриці перераховано 88 компонентів природного середовища, а в стовпчиках наведено 100 типів впливу. У разі якщо певний процес, пов'язаний із здійсненням проекту, викликає зміну того чи іншого компоненту середовища, зазначається відповідна клітинка в матриці, яка таким чином фіксує взаємодію. Кількість можливих взаємодій 8 800, але на практиці для будь-якого проекту вона коливається від 25 до 50.

У більш складних матрицях (*матриці Баттеле*) проводиться ранжування інтенсивного впливу (надається вага або бал інтенсивності) і по значущості змін в екосистемах (визначається значущість зміни під впливом об'єкта, визначається вплив). Агреговані показники розраховуються при перемноженні ваги впливу та значущості змін в екосистемах, потім ці значення підсумовуються по горизонталі і вертикалі матриці, таким чином визначаються найбільш інтенсивні зони впливу і виявляються найбільш чутливі або найбільш мінливі об'єкти, які відчувають вплив.

Застосовують чотири типи матриць (від простих – вплив на компоненти природи до більш складних), які дозволяють виявити і віддалені наслідки впливів, а також простежити поширення змін у природі (ланцюгові реакції) та зворотний вплив зміненої природи на діяльність суспільства ( $X + H$ ), а також наслідки цього впливу, тобто поширення наслідків у суспільстві ( $H + X$ ) і ланцюгові реакції в діяльності людини.

### **Спільний аналіз карт**

Спільний аналіз карт вперше був використаний Я. Мак Харгом, який застосував поєднання схем на кальці для оцінки впливу на середовище. Суть методу полягала в тому, що досліджувана територія поділялася на ділянки (виходячи з топографічних характеристик, типів землекористування тощо) та по кожній ділянці збиралася інформація за компонентами навколишнього середовища і потенціальними впливами на них. Для кожного з показників і для кожного варіанту проекту викреслювалися схеми на кальці, поєднанням яких виявлялися як інтенсивність порушень середовища, так і чинники природного та соціально-економічного характеру, що ускладнюють здійснення проекту. За допомогою аналізу карт оцінювався вплив лінійних споруд (автодоріг, ліній електропередач тощо), визначався вільний простір для забудови,

обґрунтовувалися кордони територій, що охороняються, регіонів зі складною екологічною ситуацією. В даний час картографічні методи застосовують для визначення географічного охоплення ОВДС, тобто визначення простору і масштабу впливу.

Територіальним оціночним осередком можуть бути обрані басейни річок, водоносних горизонтів, адміністративно-територіальні одиниці, ієрархічна ландшафтна одиниця, що відповідає масштабу картографування, при великомасштабних дослідженнях – урочище, група урочищ, при більш дрібному масштабі – ландшафт, ландшафтний район. При цьому можуть бути використані будь-які ландшафтні класифікації, як традиційні морфологічні, класичні ландшафтно-геохімічні, так і типологічні (угруповання ландшафтних одиниць з екологічного потенціалу, цінності і значущості, за відповідної реакції на вплив, за типом господарського використання, за типами антропогенних порушень тощо).

Оціночні комірки також можна виявити при накладенні сітки басейнів і адміністративного поділу на ландшафтну структуру території. У підсумку виокремлюється інтегральна територіальна одиниця оцінювання, для якої можна проводити різні види оцінювання, від природних до соціальних, виробляючи балансові та прогнозні побудови.

#### **Метод поточкових діаграм і мережевих графіків**

Для визначення первинних змін і ланцюга їх наслідків застосовується також метод поточкових діаграм і мережевих графіків, або *ступінчаста матриця*, розроблена Дж. Соренсеном. Метод передбачає складання переліку різних варіантів землекористування та характерних для них типів впливів. Далі визначаються пов'язані з цими впливами початкові зміни стану окремих компонентів природного середовища (в даному прикладі – зміна стоку води в естуарій) і наступні, спричинені вже порушеннями в природному середовищі (наприклад, скорочення популяцій риб). На відміну від матриці взаємодії компонентів цей метод наочно показує не тільки напрямок, але і сутність зв'язків різного порядку між компонентами природного середовища. Він дає можливість простежити за динамікою впливів, тобто показати можливі зміни як під час спорудження, так і після завершення будівництва об'єкта. Але при збільшенні числа аналізованих показників метод стає громіздким і складним для аналізу. Тому його застосування можливе для проектів з обмеженим числом впливів. Недолік методу полягає також в обліку змін лише елементів природного середовища.

#### **Метод імітаційного моделювання**

Для оцінки впливу на навколишнє середовище використовуються також *математичні моделі*, в тому числі імітаційні, що відображають кількісні залежності між впливами і дозволяють розглядати соціальні і природні системи як безперервно розвиваються і змінюються. Порівняно давно відомі моделі, що описують забруднення окремих компонентів природного середовища, наприклад повітря (розрахунки приземних концентрацій шкідливих домішок), моделі поширення забруднення у воді, наприклад моделі розливу нафти в океані.

Але цей вид моделювання знаходиться в початковій стадії розвитку, що пов'язано з недостатньою вивченістю порушених екосистем. В існуючих моделях акцент робиться, як правило, на один компонент екосистеми. У більш

складних моделях, розроблених для цілих екосистем, недостатньо повно враховуються соціально-економічні показники, оскільки введення додаткових даних робить моделі некерованими. Тим не менше на майбутнє цей підхід розглядається як вельми перспективний.

### 10.3 Екологічний прогноз та прогнозування

Людство здавна прагнуло дізнатися про майбутнє. Єгипетські жерці, оракули Стародавньої Греції та Риму, середньовічні ворожки та астрологи, перші вчені-прогнозисти – від соціальних утопістів до природничників (зазвичайників), намагалися прогнозувати погоду (серед них були Ламарк і Фіц-Рой – капітан всесвітньо відомого «Бігля», на якій Дарвін здійснив навколосвітню подорож), сучасні вчені, які роблять наукове передбачення, – такий шлях великої області знання, що носить назву прогнозу або прогнозування.

*Прогноз* – всяке конкретне передбачення або ймовірнісне судження про стан чогось (когось) або про виявлення якоїсь події в майбутньому. Екологічний прогноз – передбачення змін природних систем у локальному, регіональному і глобальному масштабах.

Прогноз, таким чином, являє собою специфічний вид пізнання, де насамперед проводять дослідження не того, що є, а того, що буде.

Прогнозування – сукупність прийомів мислення, що дозволяють на основі ретроспективного аналізу зовнішніх і внутрішніх зв'язків, притаманних об'єкту, а також їх можливих змін у рамках розглянутого явища або процесу, винести судження певної достовірності щодо його майбутнього розвитку.

*Екологічне прогнозування* – передбачення можливої поведінки природних систем, обумовленого природними процесами і впливом на них людства.

Наполегливе прагнення людини до пізнання майбутнього не випадково. Воно важливе і в дрібницях, і в великому. Найменша помилка може обернутися трагічним уроком. Здавна, з часів значно більш давніх, ніж раннє-єгипетське царство, людям було необхідно точно знати, коли краще сіяти ту чи іншу сільськогосподарську культуру, виганяти худобу на пасовисько. Запізнився або раніше засієш в ґрунт насіння, і воно потрапить під посуху, або залле його водою. Платою за помилку буде голод.

Коли ми говоримо про природню екологічну рівновагу, то маємо на увазі, що ця рівновага дуже рухома. Завтра природа буде вже не тією, що сьогодні. Якщо ж ми на неї якось впливаємо, то вона буде ще й не тією, що була б у своєму саморозвитку. Звідси значення прогнозу в екології важко переоцінити. **Головною метою прогнозу** є оцінка передбачуваної реакції навколишнього природного середовища на прямий або опосередкований вплив людини, вирішення завдань майбутнього раціонального використання природних ресурсів у зв'язку з очікуваними станами навколишнього середовища. Сучасні прогнози повинні проводитися, виходячи із загальнолюдських цінностей, головними з яких є людина, її здоров'я, якість довкілля, збереження планети Земля як домівки для людини.

**Види прогнозів.** Прогнози можна підрозділити за часом, за масштабами прогнозованих явищ і за змістом (рис. 10.1).

**За часом попередження** розрізняють такі види прогнозів: *понадкороткострокові* (до одного року), *короткострокові* (до 3-5 років), *середньострокові* (до 10–15 років), *довгострокові* (до кількох десятиліть вперед), *понаддовгострокові* (на тисячоліття і більше вперед).

Як бачимо, термін, на який дається прогноз, може бути різним. Наприклад, проектуючи великий промисловий об'єкт з термінами експлуатації 100–120 років, потрібно знати, які зміни в навколишньому природному середовищі можуть виникнути під впливом даного об'єкта в 2100–2200 рр. Однак, чим більш довгостроковіші прогнози, тим вони менш точні – це незаперечний факт.

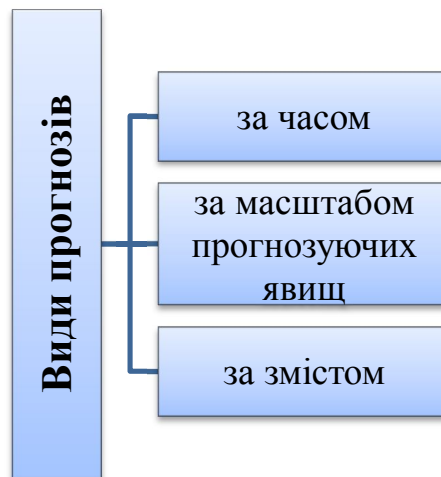


Рисунок 10.1 – Види прогнозів

**За масштабами прогнозованих явищ** прогнози поділяються на чотири групи: *глобальні* (їх називають також фізико-географічними), *регіональні* (в межах кількох країн світу), *національні* (державні), *локальні* (край, область, інколи адміністративний район чи ще менша територія, наприклад заповідник). Чим крупніший регіон, тим більш суворою буде розплата за помилки екологічного прогнозування. На локальному рівні, образно висловлюючись при «розбитому кориті», ресурси можна позичити у сусідів. На національному рівні можуть надати допомогу дружні країни. Регіональні екологічні катастрофи, незважаючи на міжнародну допомогу, тягнуть за собою незліченні лиха. Сахельська трагедія була передбачена в 40-х роках XX ст., але ніхто не надав серйозного значення зробленому екологічному застереженню. В результаті загинуло до 80 % худоби, загинули майже всі діти у віці до двох років. Число людських жертв, за деякими даними, сягнуло 2 млн осіб. Ігнорування ж загальносвітових екологічних прогнозів може привести до таких серйозних наслідків, які неприпустимі і повинні бути попереджені. Іншого шляху немає. Наприклад, вирубуючи вологі екваторіальні ліси Африки і Південної Америки, людина тим самим впливає на стан атмосфери Землі в цілому: зменшується вміст кисню, збільшується кількість вуглекислого газу. Антропогенне забруднення атмосфери, в першу чергу пов'язане з енергетикою і виділенням техногенної вуглекислоти, на думку американських і російських кліматологів, загрожує глобальним потеплінням: від 0,8 до 1 °C за 10 років – швидкість потепління, якої планета ніколи не знала. Тільки на основі глобального

прогнозу майбутнього потепління клімату можна буде передбачити, як позначиться потепління в конкретних регіонах нашої планети.

*За змістом* прогнози відносяться до конкретних галузей наук: геологічні, метеорологічні та ін. В географії комплексний прогноз відносять до загальнонаукових.

Методи прогнозування наслідків антропогенного впливу на навколишнє середовище. Всі методи прогнозування можна об'єднати в дві групи: *логічні* й *формалізовані* (рис. 10.2).



Рисунок 10.2 – Методи прогнозування

У зв'язку з тим, що в екології, і зокрема в природокористуванні, доводиться здебільшого мати справу зі складними залежностями природного і соціально-економічного характеру, то в першу чергу використовують логічні методи, які встановлюють зв'язки між об'єктами. До *логічних* відносять методи індукції, дедукції, експертних оцінок, аналогії.

*Методом індукції* встановлюють причинні зв'язки предметів і явищ. *Індуктивний метод* дослідження зазвичай починають зі збирання фактичних даних, на підставі яких виявляються риси подібності й відмінності між об'єктами і робляться перші спроби узагальнення. Так, для складання прогнозу погоди необхідно провести відповідні спостереження і вимірювання, після чого можна зробити висновок про погоду на добу.

При *дедуктивному методі* йдуть навпаки, від загального до часткового, тобто, знаючи загальні положення і спираючись на них, приходять до певного висновку. Цей метод допомагає визначити стратегію прогнозних досліджень. Індуктивний і дедуктивний методи тісно пов'язані між собою.

При відсутності про об'єкт прогнозу достовірних відомостей і якщо об'єкт не піддається математичному аналізу, то в цьому випадку використовують *метод експертних оцінок*, зміст якого полягає у визначенні майбутнього на підставі думки кваліфікованих фахівців-експертів, які залучаються для винесення оцінки з існуючої проблеми. Існують індивідуальна і колективна експертизи. Для прогнозування методом експертних оцінок фахівці використовують статистичні, картографічні та інші матеріали.

*Метод аналогій* виходить з того, що закономірності розвитку одного процесу з певними поправками можна перенести на інший процес, для якого

необхідно скласти прогноз. Метод аналогій найчастіше застосовують при розробці локальних прогнозів. Так, при прогнозуванні впливу майбутнього водосховища на навколишнє середовище можна використовувати дані про вже існуюче водосховище, яке знаходиться в подібних умовах.

**Формалізовані методи** підрозділяють на статистичні, методи екстраполяції, моделювання та ін.

*Статистичний метод* спирається на кількісні показники, які дозволяють зробити висновок про темпи розвитку процесу в майбутньому (табл. 10.1).

Таблиця 10.1 – Темпи розвитку природних ресурсів в майбутньому

Природні ресурси, млн га	Роки					
	1977	1990	2000	2010	2020	2030
Ліси та лісові землі	298,5	296,5	294,8	293,2	291,6	290,8
Пасовиська	332,1	327,2	322,4	317,9	314,3	308,7
Інші землі	282,3	288,0	293,2	298,5	303,3	308,2
Водна поверхня	43,3	44,6	45,6	46,6	47,0	47,8

*Метод екстраполяції* являє собою перенесення встановленого характеру розвитку певної території або процесу на майбутнє. Так, якщо відомо, що при створенні водосховища при неглибокому розташуванні ґрунтових вод на ділянці почалося підтоплення і заболочування, то можна припустити, що надалі тут будуть продовжуватися ці процеси і приведуть в кінцевому рахунку до утворення болота.

Насамкінець слід нагадати слова Жюль Верна: «Все, що можливо, збудеться». Не слід відкидати те, що з першого погляду несуттєво! Не завжди ще людина сильніша природи. Необхідно пильно стежити за всім грізним, що потенційно може збутися. Маленька посуха може перетворитися на грандіозне опустелювання, легкий вітерець – у бурю, крихітний льодовичок – в заледеніння, дріб'язкові зміни – в катастрофу.

#### 10.4 Приклади методів експертних оцінок

Що буде з навколишнім природним середовищем через десять років? Як зміниться екологічна обстановка? Буде забезпечена екологічна безпека промислових виробництв або ж навколо стане простягатися рукотворна пустеля? Досить вдуматися в цю постановку питань, проаналізувати як десять чи тим більше двадцять років тому ми уявляли собі сьогоднішній день, щоб зрозуміти, що стовідсотково надійних прогнозів просто не може бути. Замість тверджень з конкретними числами можна очікувати лише якісні оцінки. Тим не менше ми повинні приймати рішення, наприклад, про екологічність тих чи інших проектів та інвестицій, наслідки яких позначатимуться через десять, двадцять і т. д. років. Як бути? Залишається звернутися до методів експертних оцінок. Що це за методи?

Безперечно, що для прийняття обґрунтованих рішень необхідно спиратися на досвід, знання та інтуїцію фахівців. Після другої світової війни у рамках кібернетики, теорії управління, менеджменту і дослідження операцій стала розвиватися самостійна дисципліна – теорія і практика експертних оцінок.

**Методи експертних оцінок** – це методи організації роботи з фахівцями-експертами і обробки думок експертів. Ці думки зазвичай виражені частково в

кількісній, частково в якісній формі. Експертні дослідження проводять з метою підготовки інформації для прийняття рішень. Для проведення роботи по методу експертних оцінок створюють Робочу групу (скорочено-РГ), яка й організовує діяльність експертів, об'єднаних (формально або фактично) в *експертну комісію*.

Експертні оцінки бувають *індивідуальні і колективні*. **Індивідуальні оцінки** – це оцінки одного фахівця. Наприклад, викладач одноосібно ставить оцінку студенту, а лікар – діагноз хворому. Але в складних випадках захворювання або загрози відрахування студента за погане навчання звертаються до колективної думки – симпозиуму лікарів або комісії викладачів. Аналогічна ситуація – в армії. Зазвичай командувач приймає рішення одноосібно. Але в складних і відповідальних ситуаціях проводять військову раду. Один з найбільш відомих прикладів такого роду – військова рада 1812 р. в Філях, на якій під головуванням М. І. Кутузова вирішувалося питання: «Давати чи не давати французам битву під Москвою?»

Інший найпростіший приклад експертних оцінок – оцінка номерів у КВК. Кожен з членів журі піднімають фанерку зі своєю оцінкою, а технічний працівник обчислює середню арифметичну оцінку, яка оголошується як колективна думка журі (нижче ми побачимо, що такий підхід є некоректним з точки зору теорії вимірювань).

У фігурному катанні процедура ускладнюється – перед усередненням відкидаються найбільша і найменша оцінки. Це робиться для того, щоб не було спокуси завищити оцінку одній спортсменці (наприклад, співвітчизниці) або занижити іншій. Такі оцінки, що різко виділяються із загального ряду, будуть одразу відкинуті.

Експертні оцінки часто використовуються при виборі одного варіанта технічних пристроїв з декількох, групи космонавтів з багатьох претендентів, набору проектів науково-дослідних робіт для фінансування з маси заявок, одержувачів екологічних кредитів з багатьох бажаючих, вибір інвестиційних проектів для реалізації серед представлених, і т. д.

Існує маса методів отримання експертних оцінок. В одних з кожним експертом працюють окремо, він навіть не знає, хто ще є експертом, а тому висловлює свою думку незалежно від авторитетів. У інших – експертів збирають разом для підготовки матеріалів, при цьому експерти обговорюють проблему один з одним, вчать один у одного, і неправильні думки відкидаються. В одних методах число експертів фіксоване і таке, щоб статистичні методи перевірки узгодженості думок і потім їх усереднення дозволяли приймати обґрунтовані рішення. В інших – число експертів зростає в процесі проведення експертизи, наприклад, при використанні методу «снігової кулі» (про нього – далі).

Не менше існує і методів обробки відповідей експертів, у тому числі дуже насичених математикою і комп'ютеризованих. Багато з них засновані на досягненнях статистики об'єктів нечислової природи та інших сучасних методах прикладної статистики.

Один з найбільш відомих методів експертних оцінок – це метод «Дельфі». Назву дано по асоціації з древнім звичаєм для отримання підтримки при прийнятті рішень звертатися в Дельфійський храм. Він був розташований біля

виходу отруйних вулканічних газів. Жриці храму, надихавшись отрути, починали пророкувати, вимовляючи незрозумілі слова. Спеціальні «перекладачі» – жреці храму тлумачили ці слова і відповідали на питання паломників, які прийшли зі своїми проблемами. За традицією говорять, що Дельфійський храм перебував у Греції. Але там немає вулканів. Мабуть, він був в Італії – біля Везувію або Етни, а самі описані передбачення відбувались у XII-XIV ст. Це впливає з вищого досягнення сучасної історичної науки – нової статистичної хронології.

У США в 1960-х роках методом Дельфі назвали експертну процедуру прогнозування науково-технічного розвитку. У першому турі експерти називали ймовірні дати тих чи інших майбутніх звершень. У другому турі кожен експерт знайомився з прогнозами всіх інших. Якщо його прогноз сильно відрізнявся від прогнозів основної маси, його просили пояснити свою позицію, і він часто змінював свої оцінки, наближаючись до середніх значень. Ці середні значення і видавалися замовнику як групова думка. Треба сказати, що реальні результати дослідження виявилися досить скромними – хоча дата висадки американців на Місяць була передбачена з точністю до місяця, всі інші прогнози провалилися – холодного термоядерного синтезу та засобу від раку у XX ст. людство не дочекалося. Однак сама методика виявилася популярною і в останні роки вона використовувалася не менше 40 тис. разів. Середня вартість експертного дослідження за методом Дельфі – 5 тис. дол. США, але в ряді випадків доводилося витратити й більші суми – до 130 тис. дол.

Трохи осторонь від основного русла експертних оцінок лежить **метод сценаріїв**, що застосовується насамперед для експертного прогнозування. Розглянемо основні ідеї технології сценарних експертних прогнозів. Екологічне чи соціально-економічне прогнозування, як і будь-яке прогнозування взагалі, може бути успішним лише при певній стабільності умов. Однак рішення органів влади, окремих осіб, інші події змінюють умови і події розвиваються по-іншому, ніж раніше передбачалося.

Метод сценаріїв необхідний не тільки в екологічній або соціально-економічній області. Наприклад, при розробці методологічного, програмного і інформаційного забезпечення аналізу ризику хіміко-технологічних проєктів необхідно скласти детальний каталог сценаріїв аварій, пов'язаних з витоками токсичних хімічних речовин. Кожен з таких сценаріїв описує аварію свого типу, зі своїм індивідуальним походженням, розвитком, наслідками, можливостями попередження.

Таким чином, метод сценаріїв – це метод декомпозиції задач прогнозування, що передбачає виділення набору окремих варіантів розвитку подій (сценаріїв), які в сукупності охоплюють всі можливі варіанти розвитку. При цьому кожен окремий сценарій повинен допускати можливість досить точного прогнозування, а загальне число сценаріїв має проглядатися.

Можливість такої декомпозиції не очевидна. При застосуванні методу сценаріїв необхідно здійснити два етапи дослідження:

- побудова вичерпного, але недалекого набору сценаріїв;
- прогнозування в рамках кожного конкретного сценарію з метою отримання відповідей на питання, що цікавлять дослідника.



Кожен з цих етапів лише частково піддається формалізації. Істотна частина міркувань проводиться на якісному рівні, як це прийнято в суспільно-економічних і гуманітарних науках. Одна з причин полягає в тому, що прагнення до зайвої формалізації та математизації призводить до штучного внесення визначеності там, де її немає по суті, або до використання громіздкого математичного апарату. Так, міркування на словесному рівні вважаються доказовими в більшості ситуацій, в той час як спроба уточнити сенс використовуваних слів з допомогою, наприклад, теорії нечітких множин призводить до досить громіздких математичних моделей.

Набір сценаріїв повинен бути оглядовим. Доводиться виключати різні малоімовірні події – приліт інопланетян, падіння астероїда, масові епідемії раніше невідомих хвороб, і т. д. Саме по собі створення набору сценаріїв – предмет експертного дослідження. Крім того, експерти можуть оцінити ймовірності реалізації того чи іншого сценарію.

Прогнозування в рамках кожного конкретного сценарію з метою отримання відповідей на запитання, що цікавлять дослідника також здійснюється відповідно до описаної вище методології прогнозування. При стабільних умовах можуть бути застосовані статистичні методи прогнозування часових рядів. Однак цьому передують аналіз з допомогою експертів, причому найчастіше прогнозування на словесному рівні є достатнім і не вимагає кількісного уточнення.

Як відомо, при прийнятті рішень на основі *аналізу ситуації* (як кажуть, при *ситуаційному аналізі*), у тому числі аналізі результатів прогнозних досліджень, можна виходити з різних критеріїв. Так, можна орієнтуватися на те, що ситуація складеться найгіршим чином, або найкращим, або середнім (в якомусь сенсі). Можна спробувати намітити заходи, що забезпечують мінімально допустимі корисні результати при будь-якому варіанті розвитку ситуації, і т. д.

Ще один варіант експертного оцінювання – це **мозковий штурм**. Проходить він таким чином: організовується нарада експертів, на виступи яких накладено одне, але дуже суттєве обмеження – не можна критикувати пропозиції інших. Можна їх розвивати, можна висловлювати свої ідеї, але не можна критикувати! В ході засідання експерти, «заражаючись» один від одного, висловлюють все більш екстравагантні міркування. Години через дві записане на магнітофон або відеореєстратор засідання закінчується, і починається другий етап мозкового штурму – аналіз висловлених ідей. Зазвичай із 100 ідей 30 заслуговують подальшого опрацювання, 5-6 ідей дають можливість сформулювати проект, а 2-3 ідеї виносяться в підсумок та приносять корисний ефект – прибуток, підвищення екологічної безпеки, оздоровлення навколишнього природного середовища і т. п. При цьому інтерпретація ідей – творчий процес. Наприклад, при обговоренні можливостей захисту кораблів від торпедної атаки була висловлена ідея: «Вишикувати матросів вздовж борту і дуги на торпеду, щоб змінити її курс». Після опрацювання ця ідея привела до створення спеціальних пристроїв, що створюють хвилі, які збивають торпеду з курсу.

### **Сутність дорожнього картування**

**Дорожня карта** – це наочне уявлення покрокового сценарію розвитку певного об'єкта.

Процес формування дорожніх карт називають *дорожнім картуванням*, а об'єкт, еволюція якого представляється на карті – *об'єктом дорожнього картування*.

Дорожнє картування ув'язує між собою бачення, стратегію і план розвитку об'єкта і вибудовує в часі основні кроки цього процесу за принципом «минуле – сьогодення – майбутнє». Дорожні карти дозволяють переглядати не тільки ймовірні сценарії, але і їх потенційну рентабельність, а також вибирати оптимальні шляхи з погляду ресурсної витратності та економічної ефективності.

Дорожнє картування спирається на збір експертної інформації про продукт, технології, галузі тощо, що дозволяє прогнозувати варіанти їх майбутнього стану.

Зазвичай дорожня карта представляється у формі графічної схеми, алгоритму, що відображає найважливіші кроки та очікувані результати цих кроків в «вузлах». «Вузол» карти – це етап розвитку об'єкта і одночасно пункт прийняття управлінських рішень, а відрізки між «вузлами» – це причинно-наслідкові зв'язки між ними. Також на цій схемі можуть відображатися необхідні інвестиції, можливі ризики і віддача.

**Форсайт** (від англ. foresight – передбачення) – це методика довгострокового прогнозування науково-технологічного та соціального розвитку, заснована на опитуванні експертів. Форсайт являє собою систему методів експертної оцінки стратегічних напрямів соціально-економічного та інноваційного розвитку, виявлення технологічних проривів, здатних вплинути на економіку і суспільство в середньо- і довгостроковій перспективі. Зазвичай в кожному з форсайт-проектів застосовується комбінація різних методів, в числі яких робота з великими експертними панелями, такими як Дельфі, SWOT-аналіз, мозковий штурм, побудова сценаріїв, дерева цілі, аналіз взаємного впливу та інші інструменти, в тому числі, технологічні дорожні карти.

Розробка та подання дорожньої карти може служити частковим методом представлення результатів форсайта. Форсайт, як ціла група методів довгострокового прогнозування науково-технологічного та соціального розвитку, набагато ширший дорожнього картування в інструментальному плані та зосереджений на глобальних питаннях того чи іншого громадського сектору, а тому масштабніший. Однак загальною властивістю розглянутих категорій є їх варіативність, допущення і розгляд різних сценаріїв і формування різноманітних прогнозів.

### **Навіщо створювати дорожні карти?**

Дорожні карти створюються не тільки для наочного подання інформації про можливі альтернативи розвитку об'єкта картування та спрощення прийняття управлінських рішень. Сам по собі процес формування дорожньої карти – це своєрідна ревізія наявного потенціалу розвитку досліджуваного об'єкта, виявлення вузьких місць, загроз і можливостей зростання, потреби в ресурсному забезпеченні і т. д.

### **Питання для самоперевірки:**

1. У чому полягають принципи оцінок впливу господарської діяльності на навколишнє середовище?
2. Яка участь громадськості в процесі оцінки впливу на навколишнє середовище?
3. Назвіть результати оцінки впливу на навколишнє середовище.
4. Які ви знаєте методи прогнозування?
5. Наведіть приклади методів експертних оцінок.

## **ТЕМА 11 МАТЕМАТИЧНІ ВІДНОШЕННЯ У СИСТЕМІ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ: ОЦІНКА «ВАЖЛИВОСТІ» ЕЛЕМЕНТІВ**

### **11.1 Математичний аналіз структури та взаємозв'язків елементів системи екологічної безпеки**

Нескінченість природи виявляється, зокрема, в тому, що реальні елементи, які входять у систему, зв'язані між собою чималою кількістю відношень. Проте коли ми розглядаємо певну множину елементів як систему, то тільки окремі з них є суттєвими для досягнення кінцевої мети. У структуру (перелік відношень), що розглядається, включено скінченну кількість зв'язків, що, на думку автора, є важливими для системи екологічної безпеки України. Множину необхідних і достатніх відношень між елементами системи екологічної безпеки назовемо *структурою системи екобезпеки*.

Однією з основних властивостей структури є впорядкованість її елементів за принципом однорідності. У загальному випадку, беручи до уваги системний характер екологічної безпеки та органічну кореляцію з усіма чинниками можна зробити припущення, що елементи двох множин системи  $S$  – *множини заходів і механізмів екобезпеки та множини загроз* екологічній безпеці держави – взаємопов'язані та становлять її основу.

Ми задаємо відношення між цими двома множинами елементів системи екобезпеки  $Y$  і  $X$  як підмножину декартового добутку – множина заходів і механізмів екологічної безпеки, спрямованих на ліквідацію екологічних загроз та запобігання ним, яка є об'єднанням елементів цієї множини, а саме:

$$Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_{32}\},$$

- де:
- $Y_1$  - міжнародне співробітництво у сфері екологічної безпеки;
  - $Y_2$  - екологічний моніторинг;
  - $Y_3$  - державна інформаційно-аналітична система, надання своєчасної і достовірної інформації про забруднення довкілля і заходи щодо його охорони;
  - $Y_4$  - екологічний контроль;
  - $Y_5$  - екологічна експертиза;
  - $Y_6$  - нормативи та стандарти;
  - $Y_7$  - цільові програми у сфері екологічної безпеки;
  - $Y_8$  - екологічна освіта;
  - $Y_9$  - екологічне виховання;
  - $Y_{10}$  - укладення договорів та видача ліцензій на комплексне природокористування;
  - $Y_{11}$  - встановлення лімітів природокористування;
  - $Y_{12}$  - плата за спеціальне використання природних ресурсів;
  - $Y_{13}$  - плата за забруднення навколишнього природного середовища;

- Y14 - екологічні фонди;
- Y15 - екологічне страхування;
- Y16 - економічне стимулювання охорони довкілля;
- Y17 - законодавчі норми та правила регулювання екологічної безпеки і спеціалізований нагляд за їх дотриманням;
- Y18 - екологічна експертиза об'єктів у процесі надання дозволу на функціонування підприємств незалежними вченими та громадськими організаціями;
- Y19 - законодавчий та адміністративний контроль за техногенною безпекою підприємств;
- Y20 - технічні заходи щодо зниження техногенних загроз;
- Y21 - система адміністративного управління техногенним ризиком;
- Y22 - заборона введення в експлуатацію об'єктів, що не забезпечені сучасними технологіями, спорудами й установками з очищення, знешкодження й утилізації шкідливих відходів, викидів і скидів до рівня гранично допустимих нормативів, засобами контролю за забрудненням довкілля;
- Y23 - здійснення заходів щодо дотримання технологічних режимів і виконання вимог щодо охорони природи;
- Y24 - дотримання встановлених нормативів якості довкілля на підставі затверджених технологій;
- Y25 - перепрофілювання діяльності окремих екологічно шкідливих об'єктів;
- Y26 - затвердження санітарно-економічних критеріїв і нормативів на рівні державних законів (або принаймні постанов уряду), а не на відомчому рівні, як це практикується нині;
- Y27 - приведення кримінального та цивільного кодексів у відповідність з екологічним законодавством;
- Y28 - розширення переліку санкцій щодо конкретних винуватців екологічних збитків;
- Y29 - введення в систему кримінальних покарань за екологічні злочини великих грошових штрафів, альтернативних ув'язненню, що спрямовувалися б на природоохоронні цілі;
- Y30 - ухвалення та дотримання Закону про діяльність спільних підприємств і транснаціональних корпорацій з метою запобігання використанню ними «технологій подвійних стандартів»;
- Y31 - захист екологічних прав та інтересів населення;
- Y32 - проведення дискусій і референдумів щодо впровадження нових економічних проектів, здійснення екологічної експертизи.

Множина X-загрози екологічній безпеці держави є об'єднанням таких елементів:

$$X = \{X1, X2, ..., X27\},$$

- де:
- X1 - парниковий ефект;
  - X2 - озонова діра в атмосфері;
  - X3 - кислотні дощі;
  - X4 - потепління;
  - X5 - забруднення атмосфери;
  - X6 - транскордонна міграція атмосферних поллютантів;
  - X7 - зростання об'ємів відбору води басейнів рік і підземних джерел;
  - X8 - виснаження малих річок;
  - X9 - значні витрати води при використанні недосконалих технологій і у зв'язку зі зношенням водопровідних мереж;

- X10 - скидання техногенних сполук у водні басейни;
- X11 - транскордонне забруднення вод річок і морів;
- X12 - ерозія ґрунтів;
- X13 - надмірне накопичення окремих хімічних елементів та сполук чи збіднення ґрунтів;
- X14 - засолення ґрунтів;
- X15 - солонцювання ґрунтів;
- X16 - втрата органічних сполук і гумусу ґрунтів;
- X17 - зниження чи підвищення рівня підземних вод;
- X18 - вичерпання мінеральних ресурсів;
- X19 - деградація лісів;
- X20 - скорочення чисельності популяцій різних видів;
- X21 - випадання окремих видів флори та фауни з біоценозів;
- X22 - зростання захворюваності та смертності серед людей;
- X23 - втрата генофонду нації;
- X24 - стан підвищеного особистого і громадського стресу;
- X25 - погіршення якості продуктів харчування;
- X26 - зростання міграційних процесів;
- X27 - зменшення кількості культурних та історичних пам'яток, скорочення площі рекреаційних територій.

У абстрактній моделі структури даної системи встановлюються тільки відношення між елементами, але не розглядаються самі елементи. На практиці розглядати зв'язки без елементів можна лише після того, як окремо розглянуто безпосередньо елементи (елементи системи екологічної безпеки).

Отже, множина заходів і механізмів екобезпеки  $Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_{32}\}$  пов'язана з множиною загроз екологічній безпеці  $X = \{X_1, X_2, \dots, X_{27}\}$ , якщо на запитання  $Q$  (чи спроможний даний механізм (захід)  $Y_i$  вплинути на запобігання або нейтралізацію постоїлої екологічної загрози  $X_j$ ?) і для кожної пари цілих чисел  $(i, j)$ , де  $i = 1, 2, \dots, 32, j = 1, 2, \dots, 27$ , можна дати однозначну відповідь.

Таким чином, дістаємо типову матрицю інцидентності.

### **11.2 Модель системи екологічної безпеки України: кількісні оцінки пріоритетів**

У будь-якій ієрархічній системі проблемна область представляється у вигляді ієрархії чи дерева елементів. При цьому функції управління розподілені між супідрядними рівнями, і організація всієї системи підпорядкована певній меті.

Порівняно з системами централізованого управління ієрархічні системи мають багато переваг, головними з яких є:

- свобода локальних дій для підсистем нижчих рівнів;
- гнучкість системи управління та широкі можливості пристосування її до умов, що змінюються;
- суттєве скорочення потоків інформації, що пропускається через кожний пункт управління;
- вища надійність системи.

Ієрархічна модель системи екологічної безпеки України розглядається як цілеспрямована інформаційно-управлінська діяльність з обов'язковим урахуванням ієрархічних рівнів її організації: перший рівень – екологічна

безпека, другий рівень – загрози, третій рівень – ризики загроз, четвертий рівень – механізми екологічної безпеки.



Рисунок 11.1 – Ієрархічні рівні організації системи екологічної безпеки України

### Принцип ідентичності та декомпозиції системи екологічної безпеки України

Наприкінці 70-х років науковою школою Т. Сааті було запропоновано метод для прийняття рішень у важко-формалізованих ситуаціях, що дістав назву *методу аналізу ієрархій*. Цей метод є замкненою логічною конструкцією, що забезпечується простими правилами аналізу складних проблем, які призводять до найкращої відповіді. *Метод аналізу ієрархій* є обґрунтованішим порівняно з методами, що базуються на лінійній логіці методом розв’язання багатокритеріальних завдань у складній обстановці з ієрархічними структурами, які вміщують як помітні, так і непомітні фактори. До того ж застосування цього методу дозволяє включати в ієрархії усі наявні у дослідника даної проблеми знання та факти.

Якщо скористатися позначеннями  $x^- = \{y_i \mid x \text{ покриває } y\}$  і  $x^+ = \{y_i \mid y \text{ покриває } x\}$  для любого елемента  $x$  в упорядкованій множині.

Центральним питанням в термінах методу аналізу ієрархій щодо проблеми екологічної безпеки є: *як відчутно впливають окремі фактори найнижчого рівня ієрархії на верхівку – загальну мету?* Нерівномірний вплив усіх факторів на мету призводить до необхідності визначення інтенсивності впливу (пріоритетів) цих факторів. Визначення пріоритетів факторів найнижчого рівня відносно мети можна звести до послідовності завдань визначення пріоритетів для кожного рівня, а кожне таке завдання – до послідовності попарних порівнянь. Порівняння є головними складовими *методу аналізу ієрархій*.

Використовуючи формалізовану термінологію, це завдання можна сформулювати таким чином: *розглянемо систему екологічної безпеки з основною метою  $b$  (сталій розвиток держави) і множиною основних видів діяльності щодо його забезпечення  $L_h$ . Нехай цю систему можна представити як ієрархію з максимальним елементом  $b$  і нижнім рівнем  $L_h$ . Які при цьому будуть пріоритети елементів рівня  $L_h$  по відношенню до  $b$ ?*

Пріоритети можна розглядати як формалізовані значення величин, що визначаються за допомогою певної системи правил і надають певної ваги різним рішенням. Вони є важливим елементом при формуванні стратегії прийняття рішень у системі екологічної безпеки. *Пріоритети* - це вид ієрархії, коли деяким елементам або цілям надають перевагу у порівнянні з іншими. Надання різним елементам екобезпеки різної ваги обумовлено їхньою політичною доцільністю, суспільною необхідністю, результатами формального математичного аналізу.

*Принцип ідентичності та декомпозиції* передбачає структурування проблеми у вигляді ієрархії. Згідно завдань роботи передбачається структурування системи екологічної безпеки України у вигляді ієрархії, що є першим етапом у застосуванні методу аналізу ієрархій. На практиці не існує єдиної процедури генерування цілей, критеріїв і альтернатив для включення їх у ієрархію чи навіть у більш загальну систему. Це залежить у кожному конкретному випадку від тієї цілі, яку обирають для декомпозиції складної системи.

У процесі дослідження ми сприймали ієрархію як певний тип системи, де елементи системи екологічної безпеки України групуються у множини. Елементи кожної групи знаходяться під впливом елементів деякої групи і, у свою чергу, впливають на елементи іншої групи. Вважалося, що елементи кожної групи (рівня) ієрархії системи екологічної безпеки України незалежні. У даному випадку ієрархія будувалася з вершини. Її загальна структура подана в таблиці 11.1.

Таблиця 11.1 – Ієрархічні рівні та множина елементів системи екологічної безпеки України

Ієрархічні рівні системи екологічної безпеки України	Елементи системи екологічної безпеки України
1	2
<i>Рівень 1</i> Екологічна безпека України.	
<i>Рівень 2</i> Загрози	внутрішні; зовнішні
<i>Рівень 3</i> Ризики загроз екологічній безпеці держави	глобальні екологічні проблеми (озон, потепління тощо);
	неефективне використання природних ресурсів;
	техногенні катастрофи;
	природні катастрофи;
	наслідки аварії на ЧАЕС;
	екологічний тероризм;
	регіональні військові конфлікти;
<i>Рівень 4</i> Механізми екологічної безпеки	екологічні конфлікти
	державна система управління екологічною;
	управління екологічною безпекою;
	економічні механізми екологічної безпеки;
	промислова безпека та технологічні основи екологічно безпечного розвитку промисловості, енергетики і транспорту;
	наука;
	громадські організації та політичні партії

Продовження таблиці 11.1

Рівень 5 Альтернативи	міжнародне співробітництво у сфері екологічної безпеки;
	екологічний моніторинг;
	державна інформаційно-аналітична система, надання своєчасної і достовірної інформації про забруднення довкілля і заходи щодо його охорони;
	екологічний контроль;
	екологічна експертиза;
	нормативи та стандарти;
	цільові програми в галузі екологічної безпеки;
	екологічна освіта;
	екологічне виховання;
	установлення лімітів природокористування;
	укладення договорів та надання ліцензій на комплексне природокористування;
	плата за спеціальне використання природних ресурсів;
	плата за забруднення навколишнього природного середовища;
	екологічні фонди;
	екологічне страхування;
	економічне стимулювання охорони довкілля;
	законодавчі норми та правила регулювання екологічною безпекою і спеціалізований нагляд за їх додержанням;
	екологічна експертиза об'єктів у процесі надання дозволу на функціонування підприємств незалежними вченими та громадськими організаціями;
	законодавчий та адміністративний контроль за техногенною безпекою підприємств;
	технічні заходи щодо зниження техногенних загроз;
	система адміністративного управління техногенним ризиком;
	заборона введення в експлуатацію об'єктів, що не забезпечені сучасними технологіями, спорудами й установками з очищення, знешкодження й утилізації шкідливих відходів, викидів і скидів до рівня гранично допустимих нормативів, засобами контролю за забрудненням довкілля;
	проведення заходів з додержання технологічних режимів і виконання вимог щодо охорони природи;
	додержання установлених нормативів якості довкілля на підставі затверджених технологій;
	перепрофілювання діяльності окремих екологічно шкідливих об'єктів;
	затвердження санітарно-економічних критеріїв і нормативів на рівні держави (або, принаймні, постанов Уряду), а не на відомчому рівні, як це практикується нині;
	приведення кримінального та цивільного кодексів у відповідність з екологічним законодавством;
	розширення переліку санкцій щодо конкретних винуватців екологічних збитків;
	захист екологічних прав та інтересів населення;
	введення в систему кримінальних покарань за екологічні злочини альтернативних ув'язненню великих грошових штрафів, які спрямовувалися б на природоохоронні цілі;
	прийняття та додержання Закону про діяльність спільних підприємств і транснаціональних корпорацій з метою запобігання використанню ними «технологій подвійних стандартів» для нас і для себе;
	проведення дискусій і референдумів щодо впровадження нових економічних проектів, проведення екологічної експертизи.



Згідно із законом ієрархічної неперервності, що вимагає порівняння елементів нижнього рівня ієрархії попарно з елементами системи екологічної безпеки вищого рівня аж до вершини ієрархії, ми навели ці зв'язки у круглих дужках. У даному випадку запропонована ієрархія відповідає нашому розумінню цієї проблеми та існуючим нині варіантам вибору.

Зробимо деякі зауваження:

– очевидно, що модель значно спрощена. Тут можна було б визначити набагато більше елементів та ієрархічних рівнів залежно від питання, на яке ми хочемо дістати відповідь. При цьому модель швидко ускладнюється і стає важкою для сприйняття. Тому ми будували ієрархію з урахуванням відповідності до нашого розуміння проблеми;

– у моделі не враховано той очевидний факт, що не тільки критерії екологічної безпеки впливають на альтернативи, а й альтернативи впливають на критерії. На нашу думку, цей обернений зв'язок, при всій його важливості, не суттєвий для даної проблеми.

### ***Питання для самоперевірки:***

- 1. Охарактеризуйте структурну систему екобезпеки.*
  - 2. Які ви знаєте заходи і механізми екологічної безпеки, спрямовані на ліквідацію екологічних загроз та запобігання ним?*
  - 3. Назвіть приклади загроз екологічній безпеці.*
  - 4. Що собою представляє ієрархічна модель системи екологічної безпеки України?*
  - 5. Охарактеризуйте метод аналізу ієрархій.*
- Ієрархічні рівні та множина елементів системи екологічної безпеки України.*

## **ТЕМА 12 УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ НА РЕГІОНАЛЬНОМУ РІВНІ**

### **12.1 Основні положення стратегії управління**

Забезпечення екологічної безпеки (у тому числі й техногенної її складової) є досить складною задачею, рішення якої залежить від характеру взаємодії економічних, екологічних, соціальних і інших чинників. Сучасне суспільство для підвищення рівня добробуту населення змушене постійно вдосконалювати технології господарської діяльності і нарощувати обсяги матеріального виробництва, що, безсумнівно, призводить до зростання техногенного впливу на природну підсистему системи «природа-економіка-людина». Особливої уваги вимагають техногенно-навантажені регіони, які характеризуються значною концентрацією небезпек різного генезису. В окремих випадках реалізація управління екологічної безпеки може призвести до обмеження господарської діяльності, але це є виправданим з погляду екологічних пріоритетів.

Основне положення стратегії управління визначається ієрархічною структурою екологічної безпеки і динамічним взаємозв'язком та взаємозалежністю безпеки і безпеки. Воно формулюється в такий спосіб: *ефективне управління може здійснюватися на основі застосування*

*закономірностей формування небезпеки і через підсистеми, які визначаються її структурною складовою.* При цьому переважна увага акцентується на техніко-технологічних аспектах управління, що в остаточному підсумку передбачає розробку і реалізацію практичних заходів і технічних рішень, спрямованих на попередження потенційного і зниження реального техногенного впливу на людину і навколишнє середовище.

Загальні принципи стратегії управління екологічною безпекою полягають у наступному:

- недопущення ускладнення екологічних ситуацій на основі реалізації системи контролю за техногенною діяльністю (видача дозволів, ліцензій, екологічний аудит проблемних підприємств і т.п.);
- виявлення передкризових станів технологічних об'єктів, розробка заходів щодо попередження аварій і катастроф;
- розробка і реалізація коротко – і довгострокової програми зниження екологічної небезпеки до прийнятних рівнів.

## **12.2 Закономірності управління екологічною безпекою на регіональному рівні**

Процес формування екологічної небезпеки найчастіше носить спонтанний, хаотичний характер. Потенціал небезпеки (як у якісному відношенні – виникнення нових видів небезпеки, так і в кількісному вираженні – зростання ступеня небезпеки) неухильно підвищується. Це часто не викликає стурбованості суспільства через скритність і невідчутність потенційної небезпеки. Процес у таких умовах некерований. Стурбованість з'являється тоді, коли небезпека виявляється. Тому існуюча система державного управління екологічною безпекою, в основному, орієнтована на зниження інтенсивності проявів небезпеки. Прикладом цього служать постійно розроблювальні заходи на різних рівнях (територіально-адміністративному, відомчому і т.і.) по зниженню надходження забруднювачів (як речовинних, так і енергетичних) у компоненти навколишнього середовища. Істотне значення в плані управління екологічною безпекою має попередження проявів небезпеки. Це здійснюється на підставі відомих (що вже відбулися) катастрофічних явищ. Так, аварія на Чорнобильській АЕС призвела до необхідності розробки жорстких заходів для попередження надходження радіонуклідів у навколишнє середовище. Проте, існують такі явища і процеси, наслідки яких не зафіксовані, а якщо і зафіксовані, то в таких масштабах, що не викликають особливої тривоги. Так, відомі випадки пошкодження і руйнування окремих будинків, споруд при дії техногенних землетрусів (в основному, вибухи різного призначення), що не призвели до істотних катастроф і людських жертв. З іншого боку, розташування кар'єру поблизу греблі великого водосховища, що входить у каскад аналогічних споруд, може призвести до катастрофи національного і, навіть, наднаціонального масштабу. Отже, необхідний моніторинг усіх можливих складових екологічної небезпеки і розробка на цій основі комплексної системи забезпечення безпеки. Це означає перехід від хаотичного розвитку системи до її керованості.

Розглянемо основні закономірності управління екологічною безпекою регіонального рівня.

Однією з таких закономірностей є наступне положення: результативним управління може бути при забезпеченні прийнятної просторової і часової структуризації небезпеки. Вивчення хронології функціонування небезпеки, встановлення стадій цього процесу дозволяють вибрати оптимальні методи і засоби управління. Виявлення особливостей динаміки формування небезпеки, врахування аналогій щодо ситуацій, які зустрічалися раніше, дають можливість розробити ефективну структуру управління, уникнути помилок, ліквідувати проміжні ланки, заощадити час і кошти.

Наступна закономірність управління формулюється таким чином: оптимізація позиційності джерел небезпеки істотно послабляє наслідки її проявів. Слід зазначити, що поліпшити позиційні властивості об'єктів, які піддаються впливу екологічної небезпеки, можна не тільки за допомогою відповідних технічних рішень, але й використовуючи природні особливості. Так, не змінюючи параметри джерел викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря, можна істотно знизити ступінь прояву небезпеки в селітебних зонах населених пунктів шляхом раціонального розміщення цих джерел щодо переважного напрямку вітру. Це – «гасіння» несприятливої позиційності із застосуванням природних чинників. Одним з ефективних способів оптимізації позиційності є організація санітарно-захисних зон навколо промислових підприємств і озеленення територій. «Гасіння» позиційності при дії техногенних землетрусів на споруди різного призначення може бути здійснене шляхом проведення серії мікровибухів на шляху проходження сеймотехнохвиль з метою забезпечення їх загасіння в геологічному середовищі, а також розміщенням джерел техногенних землетрусів на такій відстані від будинків і споруд, де сеймотехнохвилі не здійснюють помітного впливу.

Як закономірність управління безпекою є таке положення: мінімізація несприятливого сусідства небезпек різного генезису зменшує ступінь сумарної дії на людину і навколишнє середовище. Необхідно враховувати той факт, що досить складно (іноді практично неможливо) регулювати ступінь природної і природно-антропогенної небезпеки. Тому основний акцент зсувається в бік ліквідації (чи ослаблення інтенсивності) окремих видів і підвидів техногенної небезпеки. Наприклад, відносно транспортних засобів, можливі, зокрема, варіанти обмеження сусідства небезпек, пов'язаних із шумовим (перший вид небезпеки) і хімічним (другий вид небезпеки) забрудненнями. Застосування ефективних технічних засобів поглинання шуму (використання, наприклад, глушників) знижує ступінь прояву першого виду небезпеки, що послабляє сумарний вплив на людину. З іншого боку, оснащення двигунів автомобілів нейтралізаторами призводить до зниження викидів шкідливих речовин, тобто зменшенню ступеня прояву другого виду небезпеки.

Управління позиційністю і сусідством може змінити профілізацію небезпеки в регіоні, тобто змістити її пріоритети.

Реалізація управлінського рішення і зниження ступеня небезпеки під його впливом можуть бути розосереджені як у просторі, так і в часі. Зменшення обсягів скидів шкідливих речовин у водяний об'єкт в одному місці сприяє

зниженню їх концентрацій на значному видаленні від нього. Реалізація заходів щодо зниження енергоємності виробництва на якомусь підприємстві може призвести до необхідності зменшення вироблення електроенергії, що спричинить зниження кількісних показників викидів, і, отже, викличе зменшення приземних концентрацій шкідливих речовин у місцях розташування теплових електростанцій. Це – просторова дистанційність. Прикладом часової дистанційності є наступна ситуація. Однією з причин сезонного погіршення якості природних вод у штучно створених водоймах, як відомо, є масовий розвиток ціанобактерій (синьозелених водоростей). Елементом управління безпекою може служити розведення у водоймищах окремих видів іхтіофауни (наприклад, товстолобика), здатних споживати ціанобактерії. Зниження проявів інтенсивності небезпеки (попередження погіршення якості природних вод) відбудеться через визначений часовий інтервал, тобто в момент інтенсивного розвитку ціанобактерій.

**Управління екологічною безпекою** здійснюється у безперервному, дискретному та сезонному режимах. Так, процес очищення забруднених стоків проводиться безперервно. Заходи щодо зниження впливу техногенних землетрусів реалізуються дискретно. Управлінські рішення з недопущення погіршення якості вод, які використовуються для питного водопостачання в періоди несприятливих метеоумов, здійснюються саме в літній період, тобто сезонно.

Залежно від умов формування і прояву небезпеки використовуються як прямі, так і непрямі методи управління. Пряме управління полягає в зниженні ступеня небезпеки шляхом прямого впливу на її джерело. Так, оснащення джерела викидів шкідливих речовин пиловловлюючим і газоочисним обладнанням безпосередньо призводить до зниження приземних концентрацій шкідливих речовин в атмосферному повітрі. Визначені зміни в технологічному процесі, які здійснюються з метою поліпшення якісних показників продукції, що випускається, чи зниження витрат, можуть паралельно призвести до зниження ступеня екологічної небезпеки. Це непряме управління. Прикладом може слугувати введення в бетонні суміші визначених добавок, які поліпшують механічні властивості виробів. При цьому одночасно відбувається поліпшення енергетичних показників процесу, тобто зменшення споживання енергії, що, у свою чергу, призводить до зниження обсягів спалювання палива, внаслідок чого зменшуються концентрації шкідливих речовин у приземному прошарку атмосферного повітря.

Ступінь гостроти екологічних ситуацій визначає застосування «жорсткого» і «м'якого» режимів управління.

«М'який» режим спрямований на досягнення монотонного (поступового) зниження ступеня небезпеки і виходить з уявлень про високу передбачуваність процесів її формування і проявів, ефективності авторегуляційних механізмів, застосування нежорстких стимулюючих і обмежуючих впливів. Він характерний для станів небезпеки, обумовлених відносно низькими значеннями екологічного ризику. Прикладом може слугувати поетапне зниження рівня забруднення атмосферного повітря на території конкретного регіону шляхом застосування маловідходних технологій господарської діяльності, впровадження ефективних систем очищення й уловлення шкідливих речовин. Оптимізація стану

екологічної безпеки здійснюється циклічно (поетапно) за наступною схемою: моніторинг стану небезпеки → встановлення закономірностей її формування → розробка системи управління. Реалізація управлінських рішень на першому етапі призведе до зниження стану небезпеки, що визначає вихідні умови для другого етапу. Функціонування зазначеної схеми на кожному наступному етапі поступово зменшує загальний ступінь небезпеки.

«Жорсткий» режим управління полягає в реалізації на короткому інтервалі часу управлінських рішень з ліквідації джерела небезпеки чи істотного обмеження інтенсивності його дії. Цей режим ґрунтується на знаннях про події, що відбулися раніше, здатних призвести до катастрофічних ситуацій. Він здійснюється при високому ступені екологічного ризику, що характеризується як значними значеннями імовірності прояву небезпеки, так і істотними потенційними наслідками її прояву.

### **12.3 Особливості управління техногенною складовою екологічної безпеки**

У регіонах з високою концентрацією промислових об'єктів (техногенно-навантажених регіонах) превалюючою серед типів і класів небезпеки є техногенна небезпека. Це визначає специфіку управління безпекою.

Управління техногенною безпекою являє собою складну ієрархічну структуру, яка включає різні ланки. На національному, обласному (за адміністративним поділом) рівнях неможлива конкретизація управлінських рішень. Тут розробляються концептуальні узагальнені напрямки управління, які деталізуються і реалізуються в практичній діяльності на регіональному рівні.

В основі процесу управління регіональною техногенною безпекою лежать наведені вище закономірності. З огляду на обмеженість матеріальних і технічних ресурсів для реалізації управління в конкретних ситуаціях, першорядно повинні здійснюватися технічні рішення і практичні заходи щодо ослаблення впливу пріоритетних (домінуючих) видів і підвидів небезпеки, характерних для регіону. При цьому необхідним є врахування інших складових екологічної небезпеки (а саме, природних і природно-антропогенних її типів), присутність яких у ряді випадків підсилює гостроту техногенної небезпеки і сприяє її просторовому і часовому поширенню.

Сформована в країні система адміністративно-територіального (як загального, так і екологічного) управління в принципі може забезпечити досягнення прийнятних станів безпеки при науково обґрунтованій її організації, вдосконаленні механізмів, деталізації функцій. Виключення складають, зокрема, регіони, які включають ділянки територій різних адміністративно-територіальних одиниць, що відрізняються ступенем небезпеки. У таких регіонах необхідний інший підхід, який полягає в створенні регіональних (як додаток до існуючих адміністративно-територіальних) підрозділів, функції яких полягають у:

- організації регіонального моніторингу станів небезпеки;
- розробці загальної системи управління безпеки в такому регіоні, елементи якої направляються для реалізації в територіально-адміністративні органи управління;
- забезпеченні контролю виконання управлінських рішень у регіоні.

Управління техногенною безпекою повинне враховувати профілізацію, масштаби і специфіку регіону і здійснюватися через підсистеми, які визначаються характерними видами і підвидами небезпеки.

#### **12.4 Функціональна схема процесу управління екологічною безпекою.**

Управління екологічною безпекою являє собою багатофункціональний процес. Схематично (спрощено) цей процес для регіональної системи «природа-економіка-людина» представлений на рисунку 6.1 сукупністю послідовних стадій.

Під об'єктом управління екологічною безпекою розглядається регіон, виділений на основі концепції регіоналізації небезпеки. Модель управління (рис. 12.1) також може бути застосована для складових частин регіону (соціально-виробничої зони, селітебної зони з окремими об'єктами, що знаходяться на її території, і формують техногенну небезпеку і т. і.).

Модель управління (рис. 12.1) функціонує наступним чином.

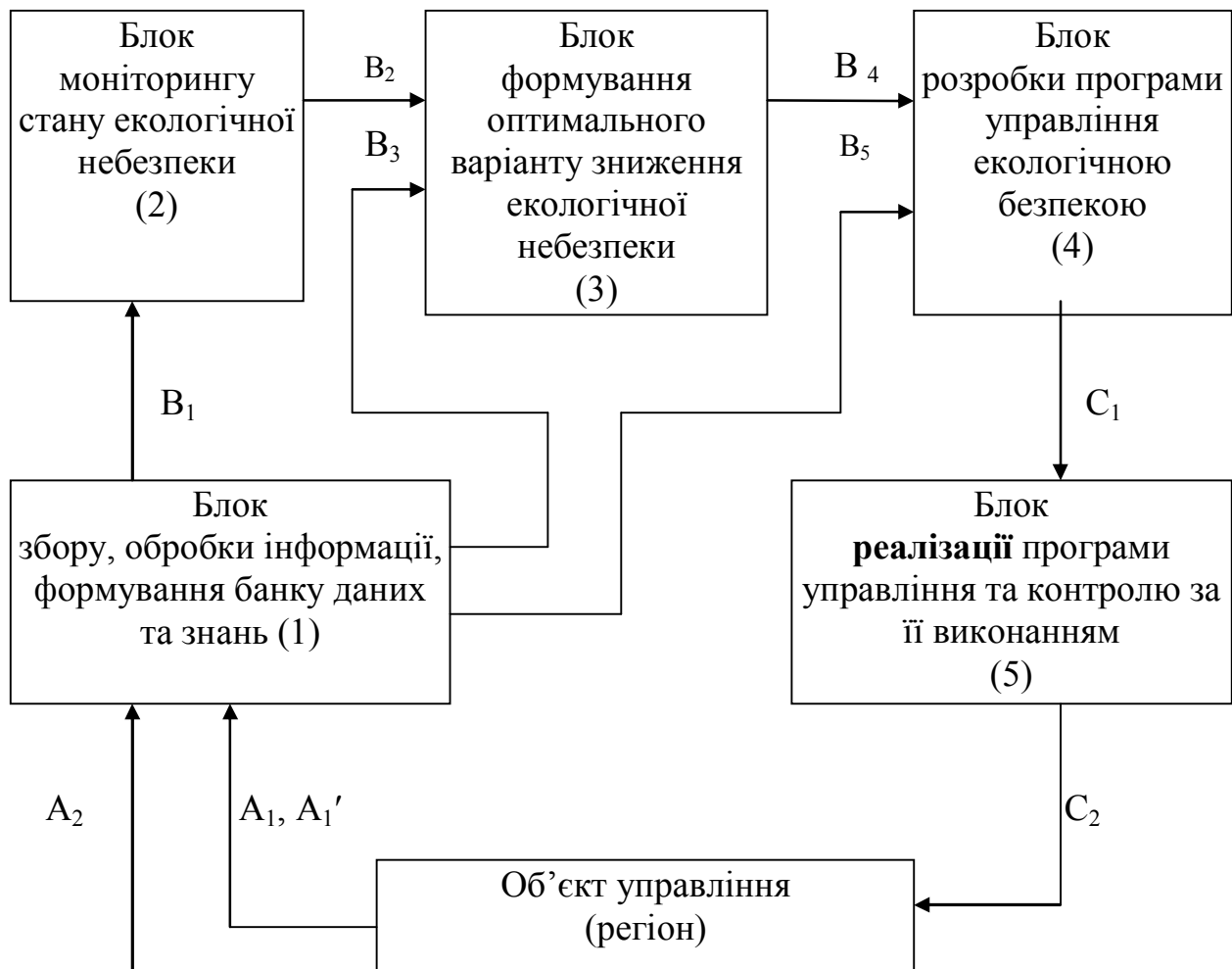
У блок 1 надходять дані  $A_1$  про стан природної і соціально-економічної підсистем, а також інформація  $A_2$  нормативно-правового, економічного і науково-технічного характеру. Створюється банк даних і знань, який представляє собою динамічну ієрархічну інформаційну систему функціонально і просторово розподілених відомчих, територіально-адміністративних і корпоративних баз даних, а також комплексу зв'язків між ними. Таке структурування банку даних з урахуванням використання сучасних засобів зв'язку дозволяє сконцентрувати в декількох центрах потужні (звичайно дорогі) і ефективні програмно-технічні комплекси, доступ до яких лише періодично необхідний різним категоріям користувачів. Це дає можливість оптимізувати витрати на організацію і функціонування інформаційної системи.

##### **Основними методами обробки екологічної інформації є:**

- інтеграція всіх видів інформаційних ресурсів;
- збір, збереження і подання інформації про стан об'єктів управління і реалізованих управлінських рішень;
- забезпечення єдиної системи введення, накопичення й обробки інформації різних типів баз даних;
- актуалізація збереженої інформації шляхом внесення нових даних і уточнення вже наявних;
- забезпечення оперативного доступу користувачів до необхідних видів інформації відповідно до пріоритетності розв'язуваних ними задач;
- захист інформації від несанкціонованого доступу й ушкодження.

Останні два положення визначають ступінь доступності екологічної інформації.

Програмно-технологічне забезпечення банку даних може бути здійснене наступними підсистемами: довідково-інформаційною, пошуковою, забезпечення графічних інтерфейсів, управління базами даних і т.і. Отримана інформація обробляється, аналізується, систематизується і сортується, створюються підблоки за функціональним призначенням. У випадку виявлення яких-небудь невідповідностей здійснюється коректування даних.



*Рисунок 12.1 – Функціональна блок-схема процесу управління екологічною безпекою на регіональному рівні*

У блоці 2 на основі інформації  $V_1$ , що надійшла з блоку 1, установлюються види і підвиди екологічної небезпеки, проводиться аналіз особливостей її формування. Для всього регіону й окремих його елементів оцінюється рівень небезпеки, визначається міра відхилення реального стану від рівня неприйнятності. Ця інформація, а також сукупність даних щодо параметрів і характеристик джерел формування небезпеки ( $Y_2$ ) з блоку 2 надходять у блок 3. Сюди ж із блоку 1 приходить нормативна інформація, а також дані про існуючі сучасні способи, технології і устаткування господарської діяльності ( $Y_3$ ). У цьому блоці розробляються різні варіанти зниження екологічної небезпеки, проводиться їх техніко-еколого-економічний аналіз і здійснюється вибір оптимального варіанту з урахуванням динамічного збалансованого розвитку регіону. З блоку 3 параметри оптимального варіанту зниження екологічної небезпеки ( $Y_4$ ) спрямовуються в блок 4. У цьому блоці встановлюється сукупність прийнятних станів екологічної небезпеки. Для кожного джерела екологічної небезпеки розробляються конкретні заходи зниження його впливу, проводиться ранжирування заходів щодо пріоритетності, встановлюється відповідність цих заходів законодавчим, правовим і нормативним актам, інформація про які ( $Y_5$ ) надходить з блоку 1. У підсумку розробляється

програма управління екологічної безпекою, що спрямовується далі в блок 5 ( $3_1$ ). Просторова і часова реалізації цієї програми здійснюється за допомогою блоку 5 у розглянутому регіоні ( $C_2$ ). При цьому змінюється стан природної підсистеми, оновлені параметри якого  $A_1'$  фіксуються в блоці 1. Блок 5 виконує ще одну важливу функцію: у ньому здійснюється контроль виконання розробленої програми. Якщо програма виконана в повному обсязі, то на підставі показників зміненого стану природної підсистеми, що надходять через зв'язок  $U_4$  у блок 4, переконуються в досягненні необхідного рівня екологічної безпеки. При цьому подальше функціонування розглянутої моделі здійснюється в режимі контролю щодо підтримки досягнутих показників в умовах номінальної роботи джерел техногенного впливу. Здійснюються заходи щодо попередження аварійних ситуацій, а у випадку виникнення таких – розробляється і реалізується додаткова програма з їх ліквідації. Коли в блоці 5 виявлено, що програма управління виконана не в повному обсязі, аналізуються причини. Тут можливі різні ситуації. Якщо невиконання програми пов'язане із суб'єктивними чинниками, зокрема, соціогенного походження (небажання чи невміння реалізувати заходи, низький рівень екологічної освіти і культури), розробляються заходи адміністративного впливу на соціально-економічні структури регіону. Аналізується відповідність цих заходів законодавчим, правовим і нормативним актам. Коли причиною невиконання програми є об'єктивні обставини (економічні і фінансові труднощі, неможливість на даний момент придбання і запровадження в дію очисного, переробного й ін. устаткування і т. і.), проводиться коректування програми за загальною схемою функціонування моделі. Аналогічно розвивається сценарій і у випадку зміни параметрів джерел техногенного впливу (реконструкція підприємств, введення нових потужностей, вихід з ладу очисного устаткування і т. і.).

Істотну роль при встановленні і контролі рівня екологічної безпеки відіграє апаратне забезпечення цього процесу. У першу чергу, це дуже важливо для контролю змісту шкідливих речовин у компонентах природної підсистеми. Особливої уваги вимагає аналіз стану атмосферного повітря, оскільки в атмосфері, на відміну від водяного середовища і ґрунту, не представляється можливим здійснити обмеження просторового поширення забруднювачів.

Слід зазначити, що зовнішні стосовно певного регіону впливи можуть призвести до формування додаткової екологічної небезпеки. Її рівень у деяких випадках може бути досить високим у порівнянні з тим, що формується джерелами, розташованими в самому регіоні. Вище наведена схема управління екобезпекою може тільки призвести до деякого зменшення загального рівня екологічної небезпеки окремого підвиду за рахунок зниження інтенсивності дії джерел небезпеки регіону. У цих випадках необхідний надрегіональний підхід до управління екологічною безпекою.

Важливе значення мають техніко-технологічні аспекти управління екологічною безпекою в індустріально навантаженому регіоні, який характеризується наявністю широкого спектру видів і підвидів антропогенного типу екологічної небезпеки і, у першу чергу, його техногенного класу. На



рисунку 12.2 виділені основні елементи такого управління, визначені напрямки практичної реалізації управлінських рішень.

Існують регіони, в яких пріоритетом у формуванні небезпеки виступають землетруси техногенного походження, що вимагає окремого розгляду забезпечення екологічної безпеки.

Основними напрямками управління безпекою в регіоні, підданому впливу техногенних землетрусів, є:

1. Розміщення джерел землетрусів (зокрема, у випадку кар'єрів – розвиток гірських виробок) у тих напрямках, де відсутні потенційно небезпечні об'єкти. Слід зазначити, що при введенні в експлуатацію кар'єрів і будівництві об'єктів часто не враховувалися перспективи оптимального (з погляду техногенної безпеки) розширення кар'єрних полів.

2. Штучна зміна параметрів геологічного середовища в напрямку проходження сейсмотехнохвиль з метою обмеження зони їх поширення відносно небезпечних об'єктів. У незв'язаних породах сейсмохвилі загасають швидше, тому доцільно здійснити на шляху їх поширення серію дрібних вибухів для дроблення скельних порід. Це повинні бути поверхневі вибухи невеликої потужності, тому що потенційно небезпечні об'єкти, як правило, знаходяться у віддалених зонах сейсмічної дії, де переважно поширюються поверхневі хвилі. Зазначені заходи спрямовані на оптимізацію позиційності джерел небезпеки.

3. Регулювання періодичності виникнення техногенних землетрусів таким чином, щоб механічні напруги не накопичувалися, а релаксували. У випадку, коли джерелами техногенних землетрусів є вибухи на кар'єрах, доцільно здійснювати обґрунтований підбір конфігурації розташування вибухових блоків; використовувати метод короткоуповільнених вибухів, при якому вибухи в окремих блоках відбуваються з деякою часовою затримкою (порядку десятків мілісекунд), що призводить до зменшення інтенсивності результуючих коливань. У деяких випадках доцільно обмежувати максимальну потужність вибуху (масу вибухової речовини).

4. Ліквідація джерел техногенних землетрусів (у випадку кар'єрів – припинення підричних робіт). Цей напрямок здійснюється в тих випадках, коли вище розглянуті заходи не приносять необхідного ефекту, чи, якщо в сейсмopідвержених об'єктах виникли серйозні ушкодження чи накопичились залишкові напруги, при яких навіть незначні впливи можуть призвести до руйнувань.

## ОСНОВНІ ЕЛЕМЕНТИ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ



Рисунок 12.2 – Забезпечення техніко-технологічного управління екологічною безпекою на регіональному рівні

Необхідність і першочерговість реалізації конкретного заходу щодо управління екологічною безпекою може бути обґрунтована з використанням техногенно-екологічного ризику і, в першу чергу, принципу його оптимізації. Для цього оцінюються витрати на реалізацію цього заходу (з урахуванням можливих втрат від виробничої діяльності). Це здійснити досить просто. Наступним етапом є визначення відповідного цьому заходу зниження ризику. На підставі спільного аналізу витрат і величин ризику вибирають оптимальний для конкретних умов варіант і послідовність реалізації заходів. На практиці в теперішній час здійснити такий підхід досить складно, оскільки існує безліч чинників різного походження, які впливають на стан сейсмopідверженої споруди та не піддаються кількісній оцінці. З цієї причини досить складно вичленили вплив техногенних землетрусів.

Запропоновані вище напрямки управління екологічною безпекою у регіоні, підданому впливу техногенних землетрусів, спроможні забезпечити:

- конструктивну й архітектурну цілісність будинків і споруд;
- безпеку і достатню комфортність умов для людей, що знаходяться в житлових приміщеннях, на робочих місцях і т.і.;
- зменшення психологічного впливу на людей. Неприпустимі такі інтенсивності сейсмоколивань, при яких хоча і не виникають ушкодження в будинках і спорудах, але вони можуть викликати в людей такі ж відчуття, як і при природних землетрусах. Асоціації з можливими наслідками останніх здатні призвести до розвитку стресових і шоккових явищ (соціальне посилення ризику). Тому більшість будинків (у першу чергу лікарні, дитячі установи і т.і.) не слід розміщати в зонах, підданих дії техногенної сейсмічності;
- запобігання пошкоджень різного устаткування. Більшість машин і механізмів має відносно високі показники загасання коливань і жорсткість окремих вузлів, тому вони чутливі до високочастотних коливань, що мають місце при техногенних землетрусах. Найбільш чутливим до дії сейсмотехнохвиль є устаткування, встановлене на окремих фундаментах, не зв'язаних з конструктивними елементами будинків (компресорні і вентиляційні установки, преси і т. і.). Під дією механічних сил у металоконструкціях і деталях виникають напруги, що можуть призвести до локальних тріщин і залишкових деформацій, зміщувати устаткування чи його елементи, порушувати співвісність і центрування приводів. Велике значення має забезпечення безпечної експлуатації електроустаткування, засобів блокування, сигналізації і зв'язку. Вони включають реле (пускові, замикаючі і т.і.), які під дією коливань можуть спонтанно спрацювати, внаслідок чого можливе виникнення аварійних ситуацій. Таке устаткування необхідно виводити із зони дії високочастотних коливань.

## **12.5 Основні принципи побудови регіональної системи управління екологічною безпекою**

Загальна ієрархічна структура регіональної системи управління екологічною безпекою визначається на основі закономірностей і особливостей управління. Вона включає підсистеми, елементи управління й управлінські

рішення. Основними принципами побудови такої системи управління є наступні положення:

- кожному регіону притаманна індивідуальна система управління стосовно до його профілізації;
- підсистеми управління задаються значимими для регіону видами небезпеки;
- елементи управління визначаються з урахуванням особливостей територіальної і часової структуризації небезпеки і специфіки її джерел;
- теоретичним базисом управлінських рішень є закономірності управління безпекою;
- практична реалізація управлінських рішень забезпечується впровадженням розроблених технічних засобів і практичних заходів;
- система управління повинна мати у своєму складі заходи щодо забезпечення надійності її функціонування.

### ***Питання для самоперевірки:***

- 1. Охарактеризуйте загальні принципи стратегії управління екологічною безпекою.*
- 2. Процес формування екологічної небезпеки.*
- 3. Назвіть основні закономірності управління екологічною безпекою регіонального рівня.*
- 4. Що собою представляє «жорсткий» і «м'який» режим управління екологічною безпекою?*
- 5. Назвіть основні закономірності управління техногенною безпекою.*
- 6. Наведіть функціональну блок-схему процесу управління екологічною безпекою на регіональному рівні*
- 7. Назвіть основні методи обробки екологічної інформації.*
- 8. Охарактеризуйте основні напрямки управління безпекою в регіоні, підданому впливу техногенних землетрусів.*
- 9. Основні принципи побудови регіональної системи управління екологічною безпекою.*

## ГЛОСАРІЙ

**Екологічне нормування** – процес визначення границь допустимих антропогенних навантажень на екосистеми; правове регулювання суб'єкт-об'єктних відносин, що характеризуються активністю дій. Нормування антропогенно-техногенних навантажень на екосистеми здійснюється з метою збереження їхнього відносно стійкого стану – не відбувається руйнування механізму їхніх еко- та ресурсо відтворювальних властивостей.

**Загроза** – це природне чи техногенне явище з прогнозованими, але неконтрольованими небажаними подіями, що можуть у певний момент часу в межах даної території завдати шкоду здоров'ю людей, спричинити матеріальні збитки, руйнувати довкілля.

**Ризик** – величина векторна і є кількісною мірою загрози, що включає такі кількісні показники як: величину збитку від небезпечного чинника; імовірність появи (частоту появи) даного небезпечного чинника. Ризик визначається як добуток імовірності негативної події на величину (імовірність величини) можливого збитку від неї.

**Прийнятний ризик** – рівень індивідуального ризику, виправданий з економічної, соціальної й екологічної точки зору, а також є прийнятним для управлінського адміністративного органу. Поняття прийнятного ризику є основою методології, яка дозволяє встановити рівень небезпеки – який є надмірним, а який є прийнятним, а також встановити межі для кількісного виміру рівня безпеки.

**Управління ризиком** – розробка та обґрунтування оптимальних програм діяльності, спрямованих на ефективну реалізацію рішень в області забезпечення безпеки.

**Збиток** – фактичні або можливі економічні і соціальні втрати (відхилення здоров'я людини від середньостатистичного значення, тобто його хвороба або навіть смерть; порушення процесу нормальної господарської діяльності; втрата того чи іншого виду власності і т. д.) і/або погіршення природного середовища внаслідок змін в оточуючому людину середовищі, що виникають в результаті якихось подій, явищ, дій.

**Головне завдання системних досліджень** – пошук простоти у складному, а також ефективних методів та засобів дослідження й управління об'єктами.

**Принцип ізоморфізму** постулює наявність однозначної (власне ізоморфізм) чи часткової (гомоморфізм) відповідності структури однієї системи структурі іншої, що дає змогу моделювати одну систему за допомогою іншої, подібної в деякому відношенні.

**Принцип системності** відбиває загальність погляду на об'єкти, явища і процеси світу як на системи з усіма властивими їм закономірностями.

**Принципи системного підходу** – це положення загального характеру, що є узагальненням досвіду дослідження людиною складних систем. Їх часто вважають ядром методології.

**Системний аналіз** – це методологія дослідження та проектування складних систем, пошуку, планування та реалізації заходів, спрямованих на вирішення проблемних ситуацій.

**Вхід системи** – це дія на неї зовнішнього середовища.

**Вихід системи** – результат функціонування системи для досягнення певної мети або її реакція на вплив зовнішнього середовища.

**Елемент системи** – частина системи, яка виконує специфічну функцію і є неподільною з погляду завдання, що розв'язується.

**Ієрархія системи** – розташування її підсистем або елементів за певним порядком від вищого до нижчого.

**Ієрархічність системи** – це складність структури системи, яка характеризується такими показниками: кількістю рівнів ієрархії управління системою, різноманіттям компонентів та зв'язків, складністю поведінки та неадитивністю властивостей, складністю опису та управління системою, кількістю параметрів та необхідним обсягом інформації для управління системою.

**Зовнішнє середовище** – це все те, що знаходиться зовні системи, включаючи необхідні умови для існування та розвитку системи.

**Кібернетичні системи** – це системи з управлінням.

**Надійність системи** – це здатність системи безперебійно функціонувати при виході із ладу одного із компонентів.

**Надсистема** – це ширша система, в яку входить досліджувана система як складова частина.

**Неадитивність системи (емерджентність)** – це властивість системи, яка означає, що система хоча і залежить від властивостей елементів, але не визначається ними повністю. Функціонування системи не може бути зведено до функціонування окремих її компонентів.

**Підсистема** – це сукупність елементів, які об'єднані єдиним процесом функціонування та при взаємодії реалізують певну операцію, що необхідна для досягнення поставленої перед системою в цілому мети.

**Поведінка системи** – функціонування системи або зміну станів системи у часі.

**Природні системи** – це системи, які існують в об'єктивній дійсності – біологічні, фізичні, хімічні тощо.

**Рівновага** – це здатність системи зберігати свій стан як можна довше (як за відсутності, так і за наявності зовнішніх збурюючих впливів).

**Розмірність системи** – кількість компонентів системи та зв'язків між ними. Ці показники характеризують також складність системи.

**Синергетика** – науковий напрям, що вивчає зв'язки між елементами структури (підсистемами), які утворюються у відкритих системах (біологічних, фізико-хімічних, економічних та інших) завдяки інтенсивному (потоківому) обміну речовинами й енергією з навколишнім середовищем за нерівноважних умов.

**Система** – це елементи та зв'язки між ними

**Стійкість системи** – здатність системи повертатися в стан рівноваги після виведення її з цього стану впливом зовнішніх збурень.

**Структура системи** – її стійка впорядкованість та зв'язки між елементами і підсистемами.

**Функція системи** – перетворення її входів у виходи.

**Ціль системи** – це бажаний стан її виходів.

**Цілісність та подільність** – це властивість системи, яка означає, що система є, передусім, цілісною сукупністю елементів. Тобто, що, з одного боку, система – це цілісне утворення, а з іншого – в її складі чітко можуть бути виділені окремі цілісні об'єкти (елементи).

**Штучні системи** – системи, які створені людиною.

**Принцип децентралізації:** в управлінні системою співвідношення між централізацією та децентралізацією визначається призначенням та метою системи.

**Принцип єдності:** сумісний розгляд системи і як цілого, і як сукупності компонентів (елементів, підсистем, системотворчих відношень).

**Принцип ієрархії:** в більшості випадків в системі доцільно реалізувати ієрархічну побудову та (або) впорядкування (можливий півпорядок) її складових за важливістю.

**Принцип зв'язності:** довільна компонента системи розглядається сумісно з її зв'язками з оточенням.

**Принцип модульності:** в багатьох випадках в системі доцільно реалізувати декомпозицію на складові (модулі) різного ступеня загальності та розглядати її як сукупність модулів та зв'язків між ними.

**Принцип невизначеності** стверджує, що в багатьох (більшості, коли це стосується штучних систем за участю людини) випадках ми працюємо з системою, про яку ми не все знаємо, чи не все розуміємо у її поведінці.

**Принцип остаточної (єдиної, генеральної, глобальної) мети** означає, що в системі все повинно бути спрямоване на досягнення призначення, підпорядковане глобальній меті.

**Принцип розвитку:** необхідно враховувати змінність системи, її здатність до розвитку, розширення, заміни складових, накопичення інформації.

**Принцип функціональності:** структура системи та її функції повинні розглядатися сумісно з пріоритетом функції над структурою.

**Агрегування** – з'єднання частин у ціле.

**Аналіз системи** – декомпозиція системи з подальшим визначенням статичних та динамічних характеристик її елементів, що розглядаються у взаємодії з іншими елементами системи та зовнішнім середовищем.

**Декомпозицією** – операція поділу цілого на частини.

**Елементом** називається деякий об'єкт (матеріальний, енергетичний, інформаційний), що має ряд важливих властивостей, але внутрішня будова якого безвідносна до мети дослідження, тобто елемент не піддається подальшій декомпозиції при обраному рівні розгляду системи.

**Інформаційний аналіз** – це дослідження якісних та кількісних характеристик інформаційних процесів у системі.

**Інформаційний синтез** – це обґрунтування необхідного обсягу та форм подання інформації, методів та засобів її передавання, оброблення, зберігання.

**Параметричний аналіз** – це визначення необхідної та достатньої сукупності узагальнених та часткових показників, що утворюють ієрархічну структуру та мають характеризувати найсуттєвіші властивості системи.

**Параметричний синтез** – це обґрунтування необхідної та достатньої сукупності показників, що уможливлюють оцінювання бажаних властивостей системи, яка створюється, та її загальну ефективність.

**Синтез системи** – створення (проектування, організація, оптимізація) через визначення статичних та динамічних характеристик, що мають забезпечувати у сукупності максимальну відповідність системи поставленим завданням.

**Структура** – це множина частин або форм (елементів), які знаходяться у взаємодії та специфічному порядку, необхідному для реалізації функцій. Отже, функція є первинною щодо структури.

**Структурний аналіз** – це дослідження статичних характеристик системи з виділенням у ній підсистем та елементів різного рівня і зв'язків між ними.

**Структурний синтез** – це розроблення (створення, проектування, реорганізація, оптимізація) системи, яка повинна мати певні властивості.

**Сукупність** – це з'єднання або набір в одну множину безвідносно до форми чи порядку.

**Форма** – це зовнішній вигляд об'єкта безвідносно до його суті (земна куля та більярдна куля мають форму кулі), геометричне поняття, що стосується з'єднання речей або ідей.

**Функція системи** – це все те, що виконує система або може виконувати згідно до свого призначення.

**Функціональний аналіз** – це визначення динамічних характеристик системи через дослідження процесів зміни її станів з часом на основі прийнятих алгоритмів (способів, методів, принципів) її функціонування.

**Функціональний синтез** – це обґрунтування оптимальних характеристик процесів функціонування системи, тобто її станів у майбутньому відповідно до поставлених перед системою цілей.

**Поведінка абстрактної системи** – це певна множина її властивостей (функцій), яка описує у часі зв'язок вхідних сигналів, вихідних результатів функціонування, і набору координат і параметрів, котрі визначають її стан.

**Природна якість систем** – це визначаючий признак того або іншого класу, рівня систем, що дає змогу говорити про тотожність систем цього класу.

**Стан системи** упорядкована сукупність значень параметрів, внутрішніх і зовнішніх, котрі визначають хід процесів, що відбуваються в системі.

**Становлення** – це етап в розвитку системи, в процесі якого вона перетворюється в розвинену систему.

**Фазовий простір системи** – це простір, в якому визначені не тільки статичні координати точки, координати її положення, але і є вся інформація, необхідна для визначення її поведінки в майбутньому.

**Функціональна якість системи** – це специфічні властивості системи, набуті нею в результаті її способу зв'язку з середовищем.

**Функціонування системи** – це відтворення функціонального ефекту, який зводиться до здатності системи робити те, що принципово не може зробити будь-який її елемент.



**Аналітичні моделі** – це моделі, які описують функціонування системи у вигляді певних функціональних залежностей та (або) логічних співвідношень.

**Аналогові моделі** – це моделі, в яких властивість реальної системи представляється деякою іншою властивістю аналогічної за поведінкою моделі.

**Дескриптивні моделі** – це моделі, які не включають наочно сформульованого критерію (чи критеріїв) оцінки якості функціонування об'єкта, що моделюється, а тому з допомогою таких моделей можна лише описувати, аналізувати поведінку системи.

**Детерміновані моделі** – це моделі, в яких при певних конкретних значеннях вхідних змінних на виході моделі можна отримати лише один результат.

**Знакові моделі** (символічні, абстрактні) – це моделі, в яких для представлення системи використовуються символи, а не фізичні пристрої

**Імітаційні моделі** – це моделі, які відтворюють процес функціонування системи в часі шляхом моделювання елементарних явищ в системі, обміну сигналами між елементами системи, формування вихідних сигналів та зміни станів елементів.

**Моделі систем** – це певний умовний образ об'єкта дослідження.

**Моделювання** – це процес дослідження реальних систем, що включає побудову моделі, дослідження її, властивостей та перенесення одержаних відомостей на реальну систему.

**Натурні моделі** – це моделі, які нагадують реальну систему – макети в натуральну величину (космічні системи, невеликі літаки) або зменшені в певному масштабі (глобус як модель земної кулі, макет жилого мікрорайону).

**Нормативні моделі** – це моделі, які включають такі критерії оцінки якості функціонування об'єкта, що моделюється, а тому й вказують норму функціонування системи, що моделюється.

**Предметні моделі** – це фізичні тіла або системи.

**Стохастичні моделі** – це моделі, в яких змінні, параметри, умови функціонування та характеристики стану системи представляються випадковими величинами та зв'язані стохастичними (випадковими) залежностями.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агаркова Е. Регіональний вимір екологічної безпеки України з урахуванням загроз виникнення техногенних і природних катастроф : монографія / Е. Агаркова, А. Качинський, А. Степаненко. – Київ : НІСД, 1996. – 73 с.
2. Принципи моделювання та прогнозування в екології: Підручник / В. В. Богобоящий, К. Р. Курбанов, П. Б. Палій, В. М. Шмандій. – Київ : Центр навчальної літератури, 2004. – 216 с.
3. Бурков В. Н. Механизмы управления эколого-экономическими системами / В. Н. Бурков, Д. А. Новиков, А. В. Щепкин. Под ред. С. Н. Васильева. – Москва : Издательство физико-математической литературы, 2008. – 244 с.
4. Програма дій «Порядок денний на ХХІ століття»: пер. з англ. – Київ : Інтелсфера, 2000. – 300 с.
5. Лукьянчиков Н. Н. Экономика и организация природопользования: уч. для вузов / Н. Н. Лукьянчиков, И. М. Потравный. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 454 с.
6. Реймерс Н. Ф. Экология. Теории, законы, правила, принципы и гипотезы / Н. Ф. Реймерс. – Москва : Россия молодая, 1994. – 366 с.
7. Бринчук М. М. Экологическое право (право окружающей среды): уч. для юр. вузов / М. М. Бринчук. – Москва : Юрист, 1998. – 688 с.
8. Ларичев О. Анализ риска и проблемы безопасности / О. Ларичев, А. Мечитов, С. Ребрик. – Москва, 1990. – 60 с.
9. Качинський А. Антропогенне навантаження та екологічна безпека в системі «Пестициди – навколишнє середовище – здоров'я населення» на основі аналізу ризику / А. Качинський. – Київ, 1994. – 30 с.
10. Боков В. Основы экологической безопасности / В. Боков, А. Лущик – Симферополь : Соната, 1998. – 223 с.
11. Быков А. Проблемы анализа безопасности человека, общества и природы / А. Быков, Н. Аурзин. – Санкт-Петербург : Наука, 1997. – 247 с.
12. Васильков Н. Порядок и хаос в развитии социальных систем: синергетика и теория социальной самоорганизации / Н. Васильков. – Санкт Петербург : Дань, 1999. – 480 с.
13. Вернадский В. Биосфера и ноосфера / В. Вернадский. – Москва : Наука, 1989. – 261 с.
14. Вернадский В. Живое вещество / В. Вернадский. – Москва : Наука, 1978. – 358 с.
15. Данилишин Б. М. Безпека регіонів України і стратегія її гарантування / Б. М. Данилишин, А. В. Степаненко, О. М. Ральчук. За редакцією Б. М. Данилишина. – Київ : Наукова думка, 2008. ТІ. – 392 с.
16. Екологічна безпека: Підручник / В. М. Шмандій, О. М. Клименко, Ю. С. Голік, А. М. Прищепа, В. С. Бахарєв, О. В. Харламова. – Херсон : Олді-плюс, 2013. – 366 с.
17. Іванюта С. П. Екологічна та природно-техногенна безпека України: регіональний вимір загроз і ризиків: монографія / С. П. Іванюта, А. Б. Качинський. – Київ : НІСД, 2012. – 308 с.
18. Винклер Х. Мировые ресурсы / Х. Винклер. – Москва : Знание. 1986. – 272 с.
19. Власов М. Экологическая опасность космической деятельности / М. Власов, С. Жричевский. – Москва : Наука, 1999. – 238 с.
20. Гундаров И. Методологические проблемы учения о факторах риска с позиций профилактической медицины / И. Гундаров, И. Глазунов, В. Лисицын. – Вести. Акад. мед. наук, 1988. – № 12.
21. Дворжак Й. Земля, люди, катастрофы / Й. Дворжак. – Київ : Вища шк., 1989. – 238 с.
22. Дорогунцов С. Методологічні аспекти оцінки ризику та наслідків техногенно небезпечних подій / С. Дорогунцов, А. Федорищева // Економіка України : наук. журн, 1994. – № 2. – С. 30–39.

23. Дьомкін В. Вступ до екологічної політики / В. Дьомкін – Київ : ТанDEM, 2000. – 194 с.
24. Израэль Ю. Экология и контроль природной среды / Ю. Израэль. – Львов: Гидрометеиздат, 1984. – 555 с.
25. Лисиченко Г. В. Природний, техногенний та екологічний ризики; аналіз, оцінка, управління / Г. В. Лисиченко, Ю. Л. Забулонов, Г. А. Хміль. – Київ : Наукова думка, 2008. – 542 с.
26. Качинський А. Екологічна безпека України: аналіз, оцінка та державна політика: монографія / А. Качинський, Г. Хміль – Київ : НІСД, 1997. – 127 с.
27. Качинський А. Перед лицем екологічних загроз : міжнародний і національний аспект екополітики / А. Качинський // Політика і час : наук. журн, 1994. – № 5. – С. 73–77.
28. Качинський А. Л. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення / А. Качинський. – Київ : НІСД (Сер. «Екологічна безпека»; Вип. 5), 2001. – 312 с.
29. Качинський А. Б. Безпека, загрози і ризик : наукові концепції та математичні методи / А. Б. Качинський. – Київ : ПІНБ, НАСБУ, 2004. – 472 с.
30. Кирсанов К. Глобальные катастрофы / К. Кирсанов, А. Малявина, Ю. Дяненко. – Москва : Калита, 2000. – 120 с.
31. Коммонер Б. Замыкающийся круг: природа, человек, технология / Б. Коммонер. – Львов: Гидрометеиздат, 1974. – 279 с.
32. Маршалл В. Основные опасности химических производств / В. Маршалл. – Москва : Мир, 1989. – 672 с.
33. Никаноров А. Глобальная экология / А. Никаноров, Т. Хоружая. – Москва : ПРИОР, 2000. – 284 с.
34. Одум Г. Энергетический базис человека и природы / Г. Одум, Э. Одум. – Москва : Прогресс, 1978. – 239 с.
35. Реймерс Н. Природопользование: Словарь-справочник. – Москва : Мысль, 1990. – 637 с.
36. Реймерс Н. Экология. Теория, законы, правила, принципы и гипотезы. – Москва : Россия молодая, 1994. – 367 с.
37. Руденко В. Довідник з географії природно-ресурсного потенціалу України / В. Руденко. – Київ : Вища шк., 1993. – 180 с.
38. Садыхов О. Экологическое нормирование. Проблемы и перспективы / О. Садыхов // Экология. – 1989. – № 3. – С. 3–11.
39. Скиннер Б. Хватит ли человечеству земных ресурсов? / Б.Скиннер. – Москва : Мир, 1989. – 264 с.
40. Лаврик В. І. Методи математичного моделювання в екології / В. І. Лаврик – Київ : Фітосоціоцентр, 1998. – 132 с.
41. Кудрямов С. П. Законы эволюции и самоорганизации в сложных системах / С. П. Кудрямов – Москва : Наука, 1994. – 236 с.
42. Николис Дж. Динамика иерархических систем: эволюционное представление / Дж. Николис – Москва : Мир, 1989. – 448 с.
43. Шикин Е. В. Математические методы и модели в управлении: Учеб. пособие. / Е. В. Шикин, А. Г. Чхартишвили – Москва : Дело, 2000. – 440 с.
44. Шандала М. Гигиеническое и экологическое нормирование: методологические подходы и пути интеграции / М. Шандала, А. Кондрусев, Е. Беляев // Гигиена и санитария : науч. журн. – 1992. – № 4. – С. 19–24.

*Навчальне видання*

**СТАЛІНСЬКА Ірина Вікторівна**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**  
з дисципліни

**«МЕТОДОЛОГІЯ ТА ТЕОРІЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ»**

*(для студентів 5 курсу денної та заочної форм навчання  
освітньо-кваліфікаційного рівня магістр, спеціальності  
183 – Технології захисту навколишнього середовища)*

Відповідальний за випуск *Я. О. Герасименко*

*За авторською редакцією*

Комп'ютерний набір *І. В. Сталінська*

Комп'ютерне верстання *К. А. Алексанян*

План 2016, поз. 58 Л

---

Підп. до друку 30.09.2016  
Друк на різнографі  
Зам. №

Формат 60×84/16  
Ум. друк. арк. 5,8  
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002  
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 5328 від 11.04.2017 р.